

PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LAS **VIBRACIONES MECÁNICAS**

REAL DECRETO 1311/2005, de 4 de noviembre, modificado por el REAL
DECRETO 330/2009, de 13 de marzo.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

PARA LA EVALUACIÓN Y
PREVENCIÓN
DE LOS RIESGOS
RELACIONADOS CON LAS
**VIBRACIONES
MECÁNICAS**

REAL DECRETO 1311/2005, de 4 de noviembre, modificado por el REAL
DECRETO 330/2009, de 13 de marzo.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

insst
Instituto Nacional de
Seguridad y Salud en el Trabajo

Título:

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas.

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.
C/ Torrelaguna 73, 28027 Madrid
Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27
www.insst.es

Composición:

Servicio de Ediciones y Publicaciones del INSST

Edición: Madrid, septiembre 2025

NIPO (papel): 118-25-024-2

NIPO (en línea): 118-25-025-8

Depósito legal: M-20079-2025

Hipervínculos: El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo, la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Histórico de revisiones:

2008

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST:
<https://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



Presentación

El artículo 8 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece como función del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo¹, entre otras, la realización de actividades de información y divulgación en materia de prevención de riesgos laborales.

Por otra parte, el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención contempla la posibilidad de que se utilicen guías del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo “cuando la evaluación exija la realización de mediciones, análisis o ensayos y la normativa no indique o concrete los métodos que deben emplearse, o cuando los criterios de evaluación contemplados en dicha normativa deban ser interpretados o precisados a la luz de otros criterios de carácter técnico”.

La disposición final primera del Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas establece que “el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas”.

La presente guía, actualizada a fecha de septiembre de 2025, ha sido elaborada en cumplimiento de este mandato legal y tiene por objetivo facilitar la aplicación del mencionado real decreto proporcionando criterios e información técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas.

Aitana Gari Pérez
DIRECTORA DEL INSST

¹ El actual Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A, M.P. ha cambiado de denominación en los últimos años, pudiendo aparecer en otras publicaciones citado como Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) o como Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT). En la presente guía técnica se utilizará, en todos los casos, su denominación actual (INSST), excepto cuando así se encuentre expresamente indicado en un texto legal, por ser anterior al cambio de denominación, y se haga una mención literal del mismo.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	7
II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.	9
Preámbulo.....	9
Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación	10
Artículo 2. Definiciones	11
Artículo 3. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.	12
Artículo 4. Determinación y evaluación de los riesgos	13
Artículo 5. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición.....	18
Artículo 6. Información y formación de los trabajadores	22
Artículo 7. Consulta y participación de los trabajadores	23
Artículo 8. Vigilancia de la salud	24
Disposición adicional única. Información de las autoridades laborales.....	26
Disposición transitoria única. Normas transitorias	26
Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa.....	27
Disposición final primera. Elaboración y actualización de la Guía técnica	27
Disposición final segunda. Facultad de desarrollo	27
Anexo.....	28
III. APÉNDICES	30
Apéndice 1. Fundamentos físicos de las vibraciones.....	30
Apéndice 2. Efectos para la salud	36
Apéndice 3. Determinación de la aceleración continua equivalente. Estimación y medición	39
Apéndice 4. Evaluación del riesgo. Método del valor cuadrático medio y métodos complementarios.....	54
Apéndice 5. Medidas de control de la exposición a las vibraciones	64
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN	75
A. Documentos citados en la guía.....	75
Normativa legal relacionada	75
Ámbito nacional	75
Ámbito europeo	75
Normas técnicas	75
Publicaciones del INSST	76
Guías técnicas	76
Notas Técnicas de Prevención	76
Otras publicaciones	76
Otra bibliografía citada en la guía	76
B. Otros documentos no citados en la guía.....	76

I. INTRODUCCIÓN

La presente guía tiene por objeto facilitar la aplicación del Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Este real decreto transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).

Este real decreto regula la prevención y protección de los riesgos relacionados con la exposición a las vibraciones mecánicas, tanto las transmitidas al sistema mano-brazo como las transmitidas al cuerpo entero. Para ello, establece una serie de obligaciones similares a las indicadas en otras disposiciones destinadas también a la protección de las personas trabajadoras: evaluación de los riesgos, medidas de prevención y protección para evitar o reducir la exposición, formación e información, etcétera. La guía incide especialmente en la descripción de métodos de estimación y de medición para abordar la evaluación de riesgos, así como en el desarrollo del programa de medidas técnicas y organizativas, mandatado por el real decreto cuando se sobrepasan los valores de exposición que dan lugar a una acción.

La presente edición incorpora referencias a herramientas informáticas e informes técnicos que facilitan a las empresas e instituciones el cumplimiento de las obligaciones indicadas en este real decreto, especialmente las relativas a la evaluación del riesgo. Además, con motivo de la prolongada vigencia de la pasada edición, se ha acumulado una valiosa experiencia en relación con los aspectos y puntos que requieren de aclaración, tanto por los órganos técnicos en materia preventiva de las comunidades autónomas como por el INSST, razón por la cual se ha realizado una revisión en profundidad de los comentarios, tanto los correspondientes al articulado como a los apéndices, con objeto de facilitar en mayor medida la aplicación del presente real decreto. En esta línea cabe destacar la inclusión de dos nuevos apéndices, uno de conceptos físicos sobre las vibraciones y otro acerca de las medidas de control del riesgo.

Con el fin de facilitar la utilización de esta guía técnica, se incluye el articulado del Real Decreto 1311/2005 en recuadros de color intercalando, cuando se ha considerado necesario, las observaciones o aclaraciones pertinentes o refiriendo a los apéndices donde se ha considerado oportuno. La guía se estructura, en líneas generales, en dos partes. Una primera, de carácter esencialmente jurídico, que comprende el articulado y las disposiciones adicionales, transitorias, derogatorias y finales. Y la segunda parte, constituida por cinco apéndices, donde se desarrollan los aspectos relevantes considerados excesivamente amplios para ser intercalados en los apartados correspondientes.

II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 1311/2005, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS O QUE PUEDAN DERIVARSE DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS.

REAL DECRETO 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivado o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de la Ley, son las normas reglamentarias las que deben ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas y establecer las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición a las vibraciones mecánicas.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985.

En el ámbito de la Unión Europea, el artículo 137 del Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea establece como objetivo la mejora, en concreto, del entorno de trabajo, para proteger la salud y seguridad de los trabajadores. Con esa base jurídica, la Unión Europea se ha ido dotando en los últimos años de un cuerpo normativo altamente avanzado que se dirige a garantizar un mejor nivel de protección de la salud y de seguridad de los trabajadores.

Ese cuerpo normativo está integrado por diversas directivas específicas. En el ámbito de la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a vibraciones mecánicas, ha sido adoptada la Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones). Mediante este Real Decreto se procede a la transposición al derecho español del contenido de esta directiva.

El Real Decreto consta de ocho artículos, una disposición adicional, una disposición transitoria, una disposición derogatoria, dos disposiciones finales y un anexo. La norma determina en su articulado el objeto y el ámbito de aplicación referido a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo; incluye lo que, a los efectos del Real Decreto, debe entenderse por vibración transmitida al sistema mano-brazo y vibración transmitida al cuerpo entero; especifica los valores límite de exposición diaria y los valores de exposición diaria que dan lugar a una acción, tanto para la vibración transmitida al sistema mano-brazo como para la vibración transmitida al cuerpo entero, así como la posibilidad, que la directiva también otorga, de excepcionar determinadas circunstancias y el procedimiento que debe seguirse para ello; prevé diversas especificaciones relativas a la determinación y evaluación de los riesgos, y establece, en primer lugar, la obligación de que el empresario efectúe una evaluación de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores, que incluirá, en caso necesario, una medición; regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición, de manera que los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible.

También incluye la obligación de que el empresario establezca y ejecute un programa de medidas técnicas y/o de organización, además de un listado de los factores que, especialmente, deben ser tomados en consideración; especifica que los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición e introduce la excepción otorgada por la directiva, de manera que determinadas disposiciones no serán de aplicación en los sectores de la navegación marítima y aérea en lo que respecta a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero en determinadas condiciones y con una serie de garantías adicionales; recoge dos de los derechos básicos en materia preventiva, como son la necesidad de formación de los trabajadores y la información a estos, así como la forma de ejercer los trabajadores su derecho a ser consultados y a participar en los aspectos relacionados con la prevención; se establecen disposiciones relativas a

la vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a vibraciones mecánicas, teniendo en cuenta que su objetivo es la prevención y el diagnóstico precoz de cualquier daño para la salud como consecuencia de la exposición a vibraciones mecánicas y que los resultados de la vigilancia deberán tenerse en cuenta al aplicar medidas preventivas en un lugar de trabajo concreto.

La propia directiva reconoce que determinados equipos no permiten respetar los valores límite de exposición, debido fundamentalmente a dificultades tecnológicas. Debido a ello, el Real Decreto ha optado por el mantenimiento de períodos transitorios que, sin embargo, no agotan inicialmente los plazos establecidos por la directiva. Al mismo tiempo, el Real Decreto mandata al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo para que realice los estudios especializados en materia de vibraciones mecánicas, teniendo en cuenta el estado de la técnica y experiencia obtenida en otros estados. Para no perder la opción de los períodos transitorios que la directiva concede, la norma establece que el Gobierno, a la vista de los estudios realizados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y previa consulta a las organizaciones sindicales y empresariales más representativas, procederá a la modificación del Real Decreto para determinar la fecha definitiva de aplicación de las obligaciones previstas en el artículo 5.3, para lo que podrá prorrogar los plazos hasta los permitidos por la directiva.

La disposición adicional única incluye una disposición que resulta fundamental para dar cumplimiento a lo dispuesto en la directiva. En efecto, con objeto de que el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales cuente con la información pertinente que le permita justificar las excepciones aplicadas en nuestro país, y pueda remitir a la Comisión Europea la información requerida en la directiva, las autoridades laborales competentes deberán remitir cada cuatro años contados desde la entrada en vigor de este Real Decreto al Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales la lista de las excepciones que en sus respectivos territorios se apliquen, indicando las circunstancias y razones precisas que fundamentan dichas excepciones.

En la elaboración de este Real Decreto han sido consultadas las organizaciones sindicales y empresariales más representativas y oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 4 de noviembre de 2005,

Dispongo:

Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación.

1. Este Real Decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente a los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

Este real decreto constituye una norma de desarrollo reglamentario de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL) para su aplicación en los trabajos en los que exista exposición a vibraciones mecánicas. Por tanto, las obligaciones contenidas en el mismo deben enten-

derse e interpretarse a la luz de los preceptos de carácter general contenidos en la citada ley. Asimismo, el cumplimiento de este real decreto no exime de la observancia de otras normas reglamentarias y técnicas que puedan ser exigibles, de acuerdo con lo establecido en el artículo 1 de la LPRL.

2. Las disposiciones de este Real Decreto se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo.

El ámbito de aplicación incluye cualquier exposición que tenga lugar durante la prestación laboral, sea originada o no por la actividad laboral propia. Así, por ejemplo, la exposición dentro de un local de trabajo a las vibraciones generadas por un taller contiguo a él quedaría incluida en el ámbito de aplicación de este

real decreto. Asimismo, se incluye la exposición a vibraciones en todos los lugares de trabajo, incluidos los medios de transporte de las empresas, las obras de construcción y, en definitiva, cualquier situación en la que sea aplicable la LPRL.

A pesar de que la exposición a vibraciones mecánicas puede tener orígenes muy diversos, una de las principales fuentes de exposición se encuentra en la utilización de máquinas. Si bien, en el campo de aplicación de este real decreto se incluyen todas las máquinas e instalaciones que producen vibraciones mecánicas, se

pueden identificar grupos para los que existe mayor probabilidad de exposición a las vibraciones y que, en consecuencia, deberían ser objeto de especial atención. Se incluyen, entre otras, las máquinas portátiles o guiadas con las manos, las máquinas móviles y los vehículos.

3. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito previsto en el apartado 1, sin perjuicio de las disposiciones más específicas previstas en este Real Decreto.

La empresa también deberá cumplir con los preceptos recogidos en el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (en adelante, RSP).

Por su importancia en el ámbito de la exposición a vibraciones mecánicas, habrán de tomarse en consideración, entre otros, los preceptos sobre integración de la actividad preventiva en la empresa, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva,

donde se recogen especificaciones para la realización de estas actuaciones.

En el caso particular de las pequeñas y medianas empresas, además de lo anterior, se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa y en la Guía técnica para la simplificación documental.

Artículo 2. Definiciones.

A los efectos de este Real Decreto, se entenderá por:

- a. Vibración transmitida al sistema mano-brazo: la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.
- b. Vibración transmitida al cuerpo entero: la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

Las vibraciones a las que están expuestas las personas trabajadoras se clasifican en dos categorías en función de la parte del cuerpo que entra en contacto con la fuente de vibración.

Esto implica tres aspectos en los que se diferencian los dos tipos de vibraciones:

- Producen distintos efectos para la salud. Esta información se desarrolla con más profundidad en el apéndice 2 de esta guía.
- Se siguen diferentes metodologías para la evaluación de la exposición. En los apéndices 3 y 4 de esta guía se describen los procedimientos con mayor detalle.
- Se utilizan distintos valores de referencia para la posterior comparación con el valor de exposición

obtenido, siendo más bajos para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero. Estos valores se establecen en el artículo 3 de este real decreto.

Las principales fuentes que producen daños en el sistema mano-brazo son las máquinas portátiles, como taladros, sierras caladoras, etc.; máquinas guiadas con las manos, como cortacéspedes, pulidoras, etc. y volantes o palancas de mando de máquinas o de vehículos industriales. En el caso de cuerpo entero las principales fuentes de exposición son las estructuras y los asientos de los vehículos.

Por otra parte, las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo se dan a frecuencias más altas que las vibraciones de cuerpo entero. Para más información, véase el apéndice 1.

Artículo 3. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

1. Para la vibración transmitida al sistema mano-brazo:

- El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en 5 m/s^2 .
- El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en $2,5 \text{ m/s}^2$.

La exposición del trabajador a la vibración transmitida al sistema mano-brazo se evaluará o medirá con arreglo a lo dispuesto en el apartado A.1 del anexo.

El apartado A.1 del anexo hace referencia al método de la determinación del valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas, $A(8)$, en adelante, la aceleración diaria equivalente. Para el caso de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo a partir del cálculo del vector suma de las aceleraciones de los 3 ejes, que se describe más detenidamente en el apéndice 4. Es precisamente este valor de $A(8)$ el que se compara con el valor de exposición diaria que da lugar a una acción, en adelante referido como nivel de acción, y con el valor límite de exposición diaria, en adelante valor límite.

Como consecuencia de la comparación entre el $A(8)$ y los valores de referencia establecidos en este artículo, se derivan tres posibles situaciones (véase la figura 1):

- si la aceleración diaria equivalente está por debajo del nivel de acción, el riesgo es aceptable;
- en caso de encontrarse entre el nivel de acción y el valor límite, la situación es de riesgo;
- si se sobrepasa el valor límite, la situación es intolerable y aplica lo dispuesto en el artículo 5.3 de este real decreto.

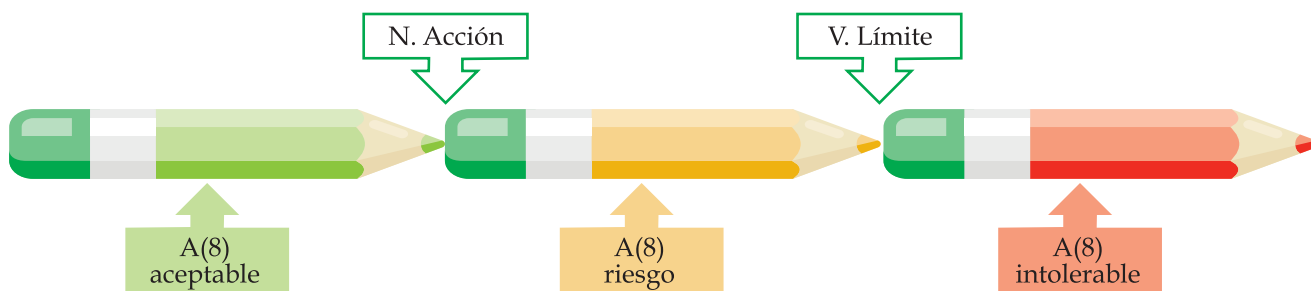


Figura 1. Comparación del $A(8)$ con los valores de referencia.

2. Para la vibración transmitida al cuerpo entero:

- El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en $1,15 \text{ m/s}^2$.
- El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en $0,5 \text{ m/s}^2$.

La exposición del trabajador a la vibración transmitida al cuerpo entero se evaluará o medirá con arreglo a lo dispuesto en el apartado B.1 del anexo.

El apartado B.1 del anexo hace referencia al método de cálculo de la aceleración diaria equivalente, $A(8)$, a partir del método de selección del valor de la aceleración del eje con mayor vibración que se describe más detenidamente en el apéndice 4. Es precisamente este valor

de $A(8)$ el que se compara con el nivel de acción y el valor límite indicados en este punto del artículo.

Igualmente, al comparar el $A(8)$ con los valores de referencia, se pueden dar las tres situaciones reflejadas en la figura 1.

3. Cuando la exposición de los trabajadores a las vibraciones mecánicas sea de forma habitual inferior a los valores de exposición diaria establecidos en el apartado 1.b) y en el apartado 2.b), pero varíe sustancialmente de un período de trabajo al siguiente y pueda sobrepasar ocasionalmente el valor límite correspondiente, el cálculo del valor medio de exposición a las vibraciones podrá hacerse sobre la base de un período de referencia de 40 horas, en lugar de ocho horas, siempre que pueda justificarse que los riesgos resultantes del régimen de exposición al que está sometido el trabajador son inferiores a los que resultarían de la exposición al valor límite de exposición diaria.

En algunas empresas existen situaciones que generan exposiciones elevadas a vibraciones mecánicas durante una determinada jornada laboral por razones organizativas o necesidades productivas, mientras que en los demás días de la semana pueden utilizarse equipos con niveles muy bajos de vibración o sin vibración. En tal caso, el real decreto permite la ampliación del período de referencia a 40 horas semanales, de tal forma que la aceleración semanal equivalente es el que se compara con el valor límite o el nivel de acción.

Se puede dar esta circunstancia cuando un puesto requiere el uso puntual de máquinas que transmiten va-

lores muy altos de vibraciones como, por ejemplo, remachadoras, sierras sables o lijadoras de banda que, en algunos casos, pueden superar el valor límite en menos de media hora de exposición. Sin embargo, durante el resto de la semana se utilizan máquinas no vibratorias o que transmitan niveles muy bajos.

Este real decreto permite promediar exclusivamente para períodos diarios o semanales. Así, por ejemplo, en actividades discontinuas como ocurre en el sector agrícola, en las que se producen variaciones importantes de exposición entre estaciones, o incluso meses, no es posible aplicar un equivalente anual o mensual.

Dicha circunstancia deberá razonarse por el empresario, ser previamente consultada con los trabajadores y/o sus representantes, constar de forma fehaciente en la evaluación de riesgos laborales y comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío a esta de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, para que esta pueda comprobar que se dan las condiciones motivadoras de la utilización de este procedimiento.

Esta ampliación del período de referencia a 40 horas semanales debe entenderse como excepcional. Para acogerse a ella no es suficiente la mera apreciación profesional del personal técnico de prevención, sino que es necesario cumplir las cuatro condiciones dispuestas en este artículo, que son ineludibles:

- Justificación.

Se debe motivar la situación excepcional que se alega para aumentar el período de referencia a 40 horas semanales.

- Documentación.

La caracterización de la exposición semanal a las vibraciones, así como cualquier otra información relevante debe documentarse en la evaluación de riesgos.

- Consulta.

Es preceptiva la consulta al personal o sus representantes tanto en la consideración de ampliación del período de referencia como en la adopción de medidas de control adicionales que reflejen los condicionantes particulares de esta situación.

- Notificación.

Se deben comunicar las circunstancias que justifican la aplicación de este artículo a la autoridad laboral. Esta deberá remitir cada cuatro años al Ministerio de Trabajo y Economía Social la lista de excepciones que se apliquen en su comunidad autónoma. A su vez, el Gobierno de España transmitirá a la Comisión Europea el conjunto de casos que se hayan acogido a este artículo a nivel nacional.

Artículo 4. Determinación y evaluación de los riesgos.

1. El empresario deberá realizar una evaluación y, en caso necesario, la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores, en el marco de lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y en la sección 1.^a del capítulo II del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. La medición deberá efectuarse de conformidad con el apartado A.2 o con el apartado B.2 del anexo, según proceda.

Para evaluar el riesgo por exposición a las vibraciones mecánicas es necesario la determinación del valor de $A(8)$ y su posterior comparación con el nivel de acción y con el valor límite. El valor de $A(8)$ depende de dos variables: el valor de la aceleración y el tiempo de exposición.

En este apartado se contemplan dos posibilidades para evaluar la exposición a vibraciones mecánicas: mediante medición en el puesto de trabajo, o bien mediante el uso de métodos de estimación, que se describen en el apéndice 3 de esta guía. En caso de emplearse la medición, deberá llevarse a cabo según lo

dispuesto en la parte A y en la parte B del anexo de este real decreto para vibraciones mano-brazo o para vibraciones transmitidas al cuerpo entero, respectivamente.

En aquellos puestos de trabajo en los que se den simultáneamente exposición a vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo y a través del cuerpo entero, se realizará la evaluación como si se tratara de dos agentes diferentes, ya que tienen distintos métodos de cálculo de la aceleración diaria equivalente, diferentes efectos para la salud y niveles de referencia específicos para los dos tipos de vibraciones con los que comparar el $A(8)$.

2. Para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada.

El empresario deberá justificar, en su caso, que la naturaleza y el alcance de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas hacen innecesaria una evaluación más detallada de estos.

En este punto el real decreto abre la puerta a la utilización de métodos de estimación en la evaluación de la exposición en los puestos de trabajo a partir de la información que se disponga sobre la vibración probable que pueda transmitir un equipo de trabajo. Esta se puede obtener, bien de bases de datos realizadas por entidades de reconocido prestigio en la materia que contengan valores de aceleraciones producidas por distintas máquinas, o bien de los datos de emisión declarados por la empresa fabricante en el manual de instrucciones.

Cuando el texto legal menciona que se podrá recurrir a la observación de los métodos de trabajo concretos se está refiriendo a conocer las condiciones reales de funcionamiento de la máquina. Uno de los requisitos

fundamentales para poder estimar la exposición es que las condiciones de uso real en el puesto de trabajo sean similares a las condiciones bajo las que se obtuvieron los valores contenidos en las bases de datos o los valores de emisión de la máquina declarados en el manual de instrucciones. Para obtener una información más detallada véase el apéndice 3.

No será necesario recurrir a métodos de evaluación más precisos, es decir, a la medición de los niveles de exposición, cuando por métodos de estimación se hayan obtenido valores de $A(8)$ lo suficientemente inferiores a los niveles de acción como para tener garantías de que no se superen, haciéndose constar en la evaluación de riesgos. Véase el apéndice 4.

3. La evaluación y la medición mencionadas en el apartado 1 se programarán y efectuarán a intervalos establecidos de conformidad con el artículo 6.2 del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, y serán realizadas por personal que cuente con la titulación superior en prevención de riesgos laborales con la especialidad de higiene industrial, atendiendo a lo dispuesto en los artículos 36 y 37 de dicho reglamento y en su capítulo III, en cuanto a la organización de recursos para el desarrollo de actividades preventivas.

La evaluación de los riesgos deberá mantenerse actualizada y se revisará de acuerdo con lo indicado en el artículo 6.1 del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

El artículo 6 del RSP dispone que la evaluación inicial debe ser revisada con la periodicidad que se acuerde entre la empresa y la representación del personal y cuando se hayan detectado daños a la salud o se haya apreciado, a través de los controles periódicos, incluidos los relativos a la vigilancia de la salud, que las ac-

tividades de prevención pueden ser inadecuadas o insuficientes.

Asimismo, el RSP también establece que, con carácter general, la evaluación debe actualizarse en las siguientes circunstancias:

- Cuando los puestos de trabajo se vean afectados por:
 - la adquisición de nuevos equipos de trabajo, la introducción de nuevas tecnologías o la modificación en el acondicionamiento de los lugares de trabajo;
 - el cambio en las condiciones de trabajo;
 - la incorporación al trabajo de una persona cuyas características personales o estado biológico conocido la hagan especialmente sensible a las condiciones del puesto.

Los datos obtenidos de la evaluación y/o de la medición del nivel de exposición a las vibraciones mecánicas se conservarán de manera que permita su consulta posterior. La documentación de la evaluación se ajustará a lo dispuesto en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y en el artículo 7 del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

La documentación relativa a la evaluación de los riesgos, cuando ponga de manifiesto la necesidad de tomar alguna medida preventiva, deberá reflejar los siguientes datos:

- La identificación del puesto de trabajo, para lo que se recomienda incluir una descripción de tareas, los periodos temporales en los que transcurren a lo largo de la jornada y las fuentes presentes.
- El riesgo o riesgos existentes y la relación del personal afectado.
- El resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes.

Además, es interesante que en la documentación se incluya:

- En caso de utilizar métodos de evaluación por estimación, la justificación de la similitud entre las condiciones de uso real en el puesto de trabajo y las condiciones en las que se obtuvieron las aceleraciones continuas equivalentes, ya sea de las bases de datos o a partir de los valores de emisión declarados en el manual de instrucciones de la máquina.
- En caso de realizar la evaluación mediante la medición de la exposición, la norma técnica utilizada, detallando los resultados obtenidos, la fecha, el per-

sonal involucrado en la medición, hora y duración, así como cualquier otra información de interés. Dichas normas son:

- Para vibración mano-brazo, la norma UNE-EN ISO 5349-2.
- Para vibración de cuerpo entero, la norma UNE ISO 2631-1.
- Si se ha recurrido a métodos de medición, la información relativa a la instrumentación de medición utilizada, como, modelo, número de serie, configuración de medida, ubicación del acelerómetro o de los acelerómetros o referencias de calibración. Además, es importante valorar cualquier suceso que altere las condiciones normales de trabajo que tenga lugar durante la medición, a efectos de la validez de esta.

Si se utilizan métodos de medición se debería recurrir a un muestreo que fuera representativo de la exposición real ya que la monitorización continua en tiempo real de los niveles de vibraciones no es posible. Aunque este real decreto no regule la necesidad de tener en cuenta la incertidumbre asociada a las mediciones, en el apéndice 3 de la presente guía se propone como buena práctica indicar el valor de cada una de las mediciones y su valor promedio junto con el valor de la desviación típica.

4. De conformidad con lo dispuesto en los artículos 15 y 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, al evaluar los riesgos, concederá particular atención a los siguientes aspectos:

- a) El nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida toda exposición a vibraciones intermitentes o a sacudidas repetidas.

La exposición está determinada por el tipo de vibración: vibración mano-brazo o vibración transmitida al cuerpo entero; y por la aceleración diaria equivalente, A(8), que se calcula en función de la aceleración conti-

nua equivalente y del tiempo de exposición. El tipo de vibración condiciona también la selección y colocación de los transductores, si la evaluación se realiza por medición. Véase el apéndice 3.

- b) Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción previstos en el artículo 3.

Véase comentarios del artículo 3.

- c) Todos los efectos que guarden relación con la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles expuestos al riesgo, incluidas las trabajadoras embarazadas.

La obligación de garantizar la protección de las personas trabajadoras especialmente sensibles exige tener en cuenta en la evaluación de riesgos los aspectos relacionados con las características personales y la capacidad psicofísica de las personas (artículo 25.1 de la LPRL).

Algunos factores que han sido descritos como posibles determinantes de una mayor sensibilidad a las vibraciones mecánicas son:

- Ciertas enfermedades vasculares, osteo-musculares o nerviosas.
- El embarazo, ya que las vibraciones es uno de los agentes citados en el anexo VII del RSP, que incluye

una lista no exhaustiva de agentes, procedimientos y condiciones de trabajo que pueden influir negativamente en la salud de las trabajadoras embarazadas y del feto.

- La Guía de ayuda para la valoración del riesgo laboral durante el embarazo del INSS indica que *según la literatura científica las vibraciones que pueden afectar al embarazo son las transmitidas al cuerpo entero (las vibraciones del sistema mano-brazo producidas por herramientas de gran tamaño también son peligrosas). Pueden aumentar el riesgo de aborto, parto pretérmino, bajo peso al nacer...*

- d) Todos los efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo.

Deben tenerse en cuenta los posibles efectos de las vibraciones en otros equipos de trabajo que puedan afectar a la seguridad. Por ejemplo: la posibilidad de que una vibración afecte a la estabilidad de un andamio o

una escalera de mano, o de que la vibración de una pieza sobre la que se está trabajando haga más insegura la utilización de las herramientas.

- e) La información facilitada por los fabricantes del equipo de trabajo con arreglo a lo dispuesto en la normativa que regula la seguridad en la comercialización de dichos equipos.

Las normativas a las que hace referencia el texto legal son:

- El Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, que transpone la directiva europea 2006/42/CE.
- El Reglamento (UE) 2023/1230 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2023, relativo a las máquinas, y por el que se derogan la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y la Directiva 73/361/CEE del Consejo, en adelante Reglamento de máquinas.

A pesar de que el Reglamento de máquinas entró en vigor el 19 de julio de 2023, sus disposiciones relativas a, entre otras, la declaración de las vibraciones emitidas por las máquinas no aplicará hasta el 20 de enero

de 2027, momento en que la Directiva 2006/42/CE quedará derogada en su totalidad. En esta ocasión, el reglamento no contempla un periodo transitorio en el que coexistan ambas regulaciones. Por tanto, a efectos de la declaración de las vibraciones, el Real Decreto 1644/2008 aplicará hasta el 19 de enero de 2027 y a partir del 20 de enero de 2027 aplicará el Reglamento de máquinas.

El Real Decreto 1644/2008, en su anexo I “Requisitos esenciales de seguridad y salud relativos al diseño y la fabricación de las máquinas”, apartado 2.2, recoge las disposiciones que deben cumplir las máquinas portátiles y las máquinas guiadas a mano. Entre ellas específica, en materia de la emisión de vibraciones transmitidas por las máquinas, que la empresa fabricante debe indicar lo siguiente en el manual de instrucciones y en la documentación comercial:

- El valor total de la vibración transmitida al sistema mano-brazo cuando esta exceda de $2,5 \text{ m/s}^2$, cuando este valor no exceda de $2,5 \text{ m/s}^2$, deberá mencionar este hecho.
- La incertidumbre de la medición.
- La descripción de las condiciones de funcionamiento de la máquina durante la medición, así como los métodos utilizados para esta, o la referencia a la norma armonizada aplicada.

Por otra parte, el Real Decreto 1644/2008, en su apartado 3 de su Anexo I "Requisitos esenciales de seguridad y de salud para paliar los riesgos especiales debidos a la movilidad de las máquinas", es decir, los requisitos para las máquinas móviles conducidas por personas, establece que los manuales de instrucciones y la documentación comercial deben indicar:

- Toda la información incluida en el párrafo anterior, para las vibraciones del sistema mano-brazo transmitidas por el volante.
- El valor cuadrático medio más elevado de la aceleración ponderada a la que esté expuesto todo el cuerpo, cuando este valor exceda de $0,5 \text{ m/s}^2$. Cuando este valor no exceda de $0,5 \text{ m/s}^2$, se debe mencionar este hecho.

Los cambios que introduce el Reglamento de máquinas afectan a la declaración de los valores de las vibraciones emitidas que se transmiten al sistema mano-brazo en los siguientes términos:

- f) La existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a las vibraciones mecánicas.

La evolución técnica de los equipos de trabajo permite la fabricación de herramientas y accesorios más eficaces, de menor vibración y equipados con medios de protección frente a las vibraciones.

En muchos casos, la sustitución de equipos por otros que incorporen nuevas tecnologías que los hagan más eficientes o dispongan de sistemas antivibración, permite reducir los dos factores que intervienen en los efectos sobre la salud: el tiempo de exposición, ya que,

- g) La prolongación de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad del empresario.

Como se ha indicado en el punto 1 de este artículo, la exposición diaria a vibraciones, A(8), viene condicionada tanto por el valor de la aceleración, como por el tiempo de exposición, razón por la que se deberá eva-

- Exige la declaración del valor total (vector suma de las 3 componentes ortogonales) de las vibraciones continuas, incluso cuando estén por debajo de $2,5 \text{ m/s}^2$.
- Además, hay que indicar el valor medio de la amplitud máxima de la aceleración ocasionada por vibraciones repetidas de choque.

La información facilitada por la empresa fabricante de la máquina es importante ya que a partir de ella las empresas usuarias pueden:

- Seleccionar aquellos modelos de máquinas con similares prestaciones técnico-productivas que emitan menores niveles de vibraciones, siempre y cuando se hayan utilizado las mismas condiciones de funcionamiento y métodos de medición para todos los modelos. Véanse los comentarios al artículo 5.2.
- Evaluar las vibraciones en los puestos de trabajo tomándolos como referencia, siempre y cuando las condiciones de uso real sean similares a las condiciones de ensayo que determinaron sus valores de emisión declarados en el manual de instrucciones. Véanse los comentarios al punto 2 de este artículo.

Para aquellos equipos en uso a los que no les sea aplicable la normativa de máquinas, bien por su antigüedad o bien porque sea de aplicación una disposición legal específica que no exija esta información, se deberá recurrir a los métodos de medición.

al tener mayor rendimiento, el tiempo de utilización se reduce para una misma tarea; y el valor de la aceleración, pues estarían dotados de motores y accesorios mejor equilibrados y amortiguados respecto a sus carcasas.

Una buena práctica para estar actualizado respecto al avance de la técnica en el diseño de equipos de trabajo y de sus accesorios es mantener contactos con fabricantes, suministradores, asociaciones sectoriales, etc.

luar teniendo en cuenta, además del tiempo efectivo de trabajo, aquellas exposiciones a vibraciones en instalaciones de descanso gestionadas por la empresa u otras prolongaciones similares de la exposición.

h) Condiciones de trabajo específicas, tales como trabajar a temperaturas bajas.

Los efectos de la exposición a las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo se pueden ver potenciados por la presencia de ambientes fríos y húmedos. Por ello, la evaluación de riesgos y las medidas preventivas que se derivan de ella tendrán en cuenta la exposición

combinada a vibraciones y a dichos ambientes. Como norma general, requerirá unas medidas preventivas adicionales, por ejemplo, el uso de guantes calefactados o tener en cuenta este aspecto en la vigilancia de la salud de la plantilla expuesta.

i) La información apropiada derivada de la vigilancia de la salud de los trabajadores incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible.

Tal como establece el artículo 37 del RSP, el personal sanitario del servicio de prevención deberá analizar los resultados de la vigilancia de la salud y de la evaluación de los riesgos con criterios epidemiológicos. Así mismo, colaborará con el resto de los componentes del servicio a fin de investigar y analizar las posibles rela-

ciones entre la exposición a los riesgos profesionales, en este caso a las vibraciones mecánicas, y los perjuicios para la salud, así como proponer medidas encaminadas a mejorar las condiciones y medio ambiente de trabajo.

5 En función de los resultados de la evaluación, el empresario deberá determinar las medidas que deban adoptarse con arreglo a los artículos 5 y 6 de este Real Decreto, y planificará su ejecución de acuerdo con lo establecido en la sección 2.a del capítulo II del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

El objetivo de la evaluación de riesgos es estimar la magnitud de los riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que la empresa esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse, planificándolas conforme a un orden de prioridad.

En el artículo 5 de este real decreto se determinan las distintas situaciones que pueden darse al comparar el valor de A(8) con los niveles de acción y con los valores límite, así como las actuaciones que se derivan de cada una de ellas.

Artículo 5. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición.

1. Teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen, los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible.

La reducción de estos riesgos se basará en los principios de la acción preventiva establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

Las obligaciones establecidas por el presente real decreto no se limitan al cumplimiento de los valores límite y los niveles de acción, sino que pretenden eliminar el riesgo o minimizarlo. Para lograr este obje-

tivo deben seguirse jerárquicamente los principios generales de la acción preventiva recogidos en el artículo 15 de la LPRL, los cuales se resumen en la figura 2.



Figura 2. Principios generales de la acción preventiva.

En consecuencia, estos principios deben aplicarse a todos aquellos factores que puedan incidir en la exposición, por ejemplo: los métodos de trabajo utilizados; la elección, el mantenimiento y el uso de equipos; el

diseño de los lugares y puestos de trabajo; las características de transmisión de las estructuras y materiales; la organización de las tareas, etc.

2. Sobre la base de la evaluación de los riesgos mencionada en el artículo 4, cuando se rebasen los valores establecidos en el apartado 1.b) y en el apartado 2.b) del artículo 3, el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y/o de organización destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de ésta, tomando en consideración, especialmente:

- Otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse a vibraciones mecánicas.
- La elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible, habida cuenta del trabajo al que está destinado.
- El suministro de equipo auxiliar que reduzca los riesgos de lesión por vibraciones, por ejemplo, asientos, amortiguadores u otros sistemas que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero y asas, mangos o cubiertas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.
- Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo.
- La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.
- La información y formación adecuadas a los trabajadores sobre el manejo correcto y en forma segura del equipo de trabajo, para así reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas.
- La limitación de la duración e intensidad de la exposición.
- Una ordenación adecuada del tiempo de trabajo.
- La aplicación de las medidas necesarias para proteger del frío y de la humedad a los trabajadores expuestos, incluyendo el suministro de ropa adecuada.

Los comentarios a este apartado del artículo se han agrupado con objeto de establecer una relación jerárquica entre los factores que inciden en la exposición, dando así un mejor cumplimiento a los principios generales de la acción preventiva.

El programa de medidas técnicas o de organización, derivado de la evaluación de riesgos, consiste en el es-

tudio previo de las condiciones existentes y en la programación de las acciones que se pongan en práctica para reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas y los riesgos que se deriven de estas. Este programa deberá llevarse a cabo de forma obligatoria y documentada cuando se rebasen los niveles de acción, tanto para el sistema mano-brazo como para las vibraciones de cuerpo entero.

En general, para la elaboración del programa se priorizarán las medidas de carácter técnico frente a las de tipo organizativo, debiendo incluir en todos los casos los medios humanos y materiales necesarios, así como el plazo para su ejecución. La priorización de las medidas establecidas en el programa se realizará en función de la magnitud de los riesgos y del número de personas trabajadoras expuestas.

A continuación, se describen las principales actuaciones relacionadas con cada tipo de medida.

Métodos de trabajo.

La modificación de los métodos de trabajo puede implicar distintos cambios para evitar o reducir la exposición. Se pueden diferenciar dos tipos:

- **Técnicos.** Suponen la eliminación, sustitución o modificación del proceso productivo para que conlleve operaciones que eviten o generen menos vibraciones, por ejemplo: la utilización de técnicas hidráulicas en vez de neumáticas, los métodos de unión de piezas diferentes al remachado, la automatización de procesos, etc.

En estos casos, debe hacerse una valoración de los riesgos derivados de los métodos alternativos con el objetivo de no introducir nuevos riesgos que sean mayores de los que se pretende evitar.

- **Organizativos.** Véase el apartado de organización del trabajo, incluido más adelante.

Equipos: elección, mantenimiento y uso correcto.

En el ámbito de los equipos es necesario tener presentes aspectos diversos, que comprenden la adecuada elección de aquellos, su debido mantenimiento y su correcta utilización.

- **Elección.**

Para las máquinas dentro del ámbito de aplicación del Real Decreto 1644/2008 uno de los requisitos esenciales de seguridad y salud consiste en que el manual de instrucciones debe incluir una declaración de las vibraciones emitidas.

A la hora de adquirir una máquina, se deberían tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La elección de una máquina adecuada a la tarea, ya que una máquina con capacidad insuficiente alargará innecesariamente los tiempos de exposición a las vibraciones.
- A igualdad de prestaciones técnicas, seleccionar aquella que emita menores vibraciones según la declaración de la empresa fabricante.

- Los factores ergonómicos para minimizar los efectos adversos para la salud, como, por ejemplo: el peso de la máquina, el diseño ergonómico de la zona de agarre o la fuerza necesaria de agarre, entre otros.
- El uso de empuñaduras calefactables para la realización de trabajos en condiciones ambientales frías y húmedas.

- **Mantenimiento.**

En muchos equipos, las vibraciones producidas durante su utilización varían sustancialmente según el estado en que se encuentren. Así, por ejemplo, el desgaste de piezas rotatorias puede dar lugar a holguras que, además de condicionar las prestaciones del equipo, aumentan las vibraciones. Por ello, resulta necesario contar con un plan de mantenimiento.

En cumplimiento del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, se deben adoptar las medidas necesarias para que, mediante un adecuado mantenimiento, los equipos se conserven en las mismas condiciones que dieron lugar a su certificación o, en su caso, a la adecuación conforme a las disposiciones de dicho real decreto.

Para que los equipos preserven sus prestaciones originarias, es importante que el personal de mantenimiento posea conocimientos especializados y que se realicen las operaciones prescritas en el manual de instrucciones.

- **Uso correcto.**

La forma de utilizar el equipo puede condicionar el nivel de exposición a las vibraciones. Para promover un uso adecuado será necesario adoptar por parte de la empresa acciones tales como:

- Recabar la información técnica del equipo relativa a la forma correcta de utilización, las contraindicaciones de utilización y los riesgos que conlleve el mal uso razonablemente previsible.
- A partir de lo anterior, elaborar instrucciones sencillas y fácilmente comprensibles para el manejo seguro del equipo. En caso de proporcionarlas por escrito, es recomendable ubicarlas en emplazamientos visibles en la zona donde se encuentra.
- Informar y formar al personal sobre todo lo anterior.

Diseño de lugares y puestos.

La concepción y disposición adecuada de lugares y puestos contribuye a minimizar la exposición a las vi-

braciones. Entre las alternativas a adoptar se encuentran, por ejemplo:

- Dotar a los lugares y puestos de trabajo de elementos apropiados para minimizar la transmisión de las vibraciones, como la introducción de elementos que aíslen las vibraciones de la estructura sólida o del edificio.
- Evitar irregularidades en el terreno por el que se desplazan las máquinas y vehículos o eliminar obstáculos en las zonas de circulación.

En la medida de lo posible, las condiciones ambientales de humedad y temperatura deben ser adecuadas, ya que el frío y la humedad pueden agravar los efectos de la exposición a las vibraciones.

Organización del trabajo.

Las medidas organizativas son actuaciones complementarias que cobran especial relevancia en aquellas situaciones en las que es técnicamente inviable actuar

sobre el proceso productivo o las fuentes emisoras para reducir el nivel de las vibraciones suficientemente.

Puesto que la capacidad de las vibraciones para producir daño depende fundamentalmente de la cantidad de energía recibida por el cuerpo, tan importante es reducir el valor de la vibración como el tiempo de exposición. Esto hace necesario establecer medidas organizativas como, por ejemplo, rotación entre distintos puestos de trabajo que permitan reducir la exposición individual a las vibraciones, implantación de procedimientos de trabajo que contemplen pausas o descansos, limitar la velocidad de circulación o minimizar la distancia de los desplazamientos, entre otras.

Protección frente al frío y la humedad.

Se debería llevar ropa que permita mantener el cuerpo y las manos secas y un buen nivel de confort térmico, para evitar que la exposición al frío influya sobre los síntomas vasculares causados por la vibración transmitida al sistema mano-brazo.

3. Los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición. Si, a pesar de las medidas adoptadas por el empresario en aplicación de lo dispuesto en este Real Decreto, se superase el valor límite de exposición, el empresario tomará de inmediato medidas para reducir la exposición a niveles inferiores a dicho valor límite. Asimismo, determinará las causas por las que se ha superado el valor límite de exposición y modificará, en consecuencia, las medidas de protección y prevención, para evitar que se vuelva a sobrepasar.

En cuanto a la adopción de acciones inmediatas, el real decreto insta a la empresa a implantar medidas de urgencia que reduzcan los niveles de exposición por debajo del valor límite excedido, por lo que pudieran tener carácter de medidas provisionales. Hasta corregir las condiciones de trabajo de forma permanente sería válido adoptar acciones como la limitación del tiempo de exposición, mediante la reducción de la duración de la tarea o la rotación de puestos.

Una vez identificadas las causas de la sobreexposición, se adoptarán medidas de protección y prevención que mantengan la exposición por debajo de los valores límite. Cuando su origen esté en modificaciones en las condiciones de trabajo realizadas por la empresa de forma intencionada, se adaptarán tales medidas a la nueva situación. Por el contrario, si la alteración tiene su origen en circunstancias accidentales, se adoptarán medidas que permitan volver a la situación anterior y eviten su repetición en el futuro.

4. Lo dispuesto en el apartado anterior no será de aplicación en los sectores de la navegación marítima y aérea en lo que respecta a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, cuando, teniendo en cuenta el estado actual de la técnica y las características específicas del lugar de trabajo, no sea posible respetar el valor límite de exposición pese a la puesta en práctica de medidas técnicas y/o de organización.

El uso de esta excepción sólo podrá hacerse en circunstancias debidamente justificadas y respetando los principios generales de la protección de la salud y seguridad de los trabajadores. Para ello el empresario deberá contar con las condiciones que garanticen, teniendo en cuenta las circunstancias particulares, la reducción a un mínimo de los riesgos derivados de ellas, y siempre que se ofrezca a los trabajadores afectados el refuerzo de la vigilancia de su salud especificado en el último párrafo del artículo 8.1.

La utilización de esta excepción deberá razonarse por el empresario, ser previamente consultada con los trabajadores y/o sus representantes, constar de forma explícita en la evaluación de riesgos laborales y comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío a esta de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, para que esta pueda comprobar que se dan las condiciones motivadoras de la utilización de la excepción.

Para acogerse a esta excepcionalidad es necesario cumplir las cinco condiciones dispuestas en este artículo, que son ineludibles:

- **Justificación.**

Se debe motivar la situación excepcional que se alega, argumentando desde el punto de vista técnico la imposibilidad de respetar el valor límite de exposición para las vibraciones de cuerpo entero, pese a la puesta en práctica de medidas técnicas y organizativas.

- **Documentación.**

En la evaluación de riesgos deben documentarse las condiciones de la excepcionalidad, los posibles daños para la salud derivados de la exposición a valores superiores al valor límite de exposición, las medidas técnicas y organizativas implantadas, así como otra información relevante.

- **Vigilancia de la salud.**

Se deberá ofrecer a las personas afectadas un refuerzo de la vigilancia de la salud, que podrá in-

cluir un aumento de su periodicidad o la realización de pruebas diagnósticas adicionales.

- **Consulta.**

Es preceptiva la consulta a las personas trabajadoras o sus representantes, tanto en la consideración de la excepcionalidad como en la adopción de medidas de control adicionales.

- **Notificación.**

Se deben comunicar las circunstancias que justifican la aplicación de esta excepción a la autoridad laboral, mediante el envío de la parte de la evaluación de riesgos donde se documenta. Esta, a su vez, deberá remitir cada cuatro años al Ministerio de Trabajo y Economía Social la lista de excepciones que se apliquen en su comunidad autónoma. Por su parte, el Gobierno de España transmitirá a la Comisión Europea el conjunto de casos que se hayan acogido a esta excepción a nivel nacional.

5. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario adaptará las medidas mencionadas en este artículo a las necesidades de los trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.

Determinadas personas, por ejemplo, las mujeres embarazadas (protección del feto) o quienes padezcan o hayan padecido afecciones osteoarticulares, vasculares o de la columna vertebral, podrían ser más sensibles a la exposición a las vibraciones mecánicas. En todo caso, la consideración de especial sensibilidad deberá

ser dictaminada por el personal médico del servicio de prevención.

Las medidas adicionales de protección a adoptar por la empresa se determinarán de conformidad con las propuestas emitidas por el personal médico que lleve a cabo la vigilancia de la salud.

Artículo 6. Información y formación de los trabajadores.

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 18.1 y 19 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario velará por que los trabajadores expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas en el lugar de trabajo y/o sus representantes reciban información y formación relativas al resultado de la evaluación de los riesgos prevista en el artículo 4.1 de este Real Decreto, en particular sobre:

- a) Las medidas tomadas en aplicación de este Real Decreto para eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de la vibración mecánica.
- b) Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.
- c) Los resultados de las evaluaciones y mediciones de la vibración mecánica efectuadas en aplicación del artículo 4 y los daños para la salud que podría acarrear el equipo de trabajo utilizado.
- d) La conveniencia y el modo de detectar e informar sobre signos de daños para la salud.
- e) Las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de su salud.
- f) Las prácticas de trabajo seguras, para reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas.

La formación en materia preventiva es un derecho reconocido en el artículo 14 de la LPRL y desarrollado en su artículo 19, el cual establece que el personal expuesto debe recibir una formación teórica y práctica suficiente y adecuada en materia preventiva, centrada específicamente en su puesto de trabajo o función, tanto en el momento de su contratación, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo. Dicha formación debe adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario.

Para que el programa formativo cumpla sus objetivos debe adaptarse a las necesidades de las personas trabajadoras y someterse a un proceso de evaluación y revisión que garantice su eficacia.

Por su parte, la información es un derecho en materia preventiva reconocido en el artículo 14 de la LPRL y desarrollado en su artículo 18.1, el cual establece la obligación de la empresa de informar a la plantilla sobre los riesgos existentes, tanto aquellos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función. Asimismo, la información

se hará extensiva a las medidas y actividades de prevención y protección aplicables a los citados riesgos.

En particular, se debería informar de:

- las medidas preventivas que se implanten para eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de las vibraciones, así como su efectividad y orden de prioridad;
- los posibles efectos para la salud derivados de la exposición a las vibraciones como, por ejemplo, pérdidas temporales de sensibilidad o síndrome de Raynaud, así como lumbalgias o lumbociáticas. Para más información, véase el apéndice 2;
- los daños que pueden originarse o agravarse como consecuencia de la exposición combinada de las vibraciones con otros agentes, como el ruido y las bajas temperaturas;
- los indicios que pueden permitir el diagnóstico precoz de daños para la salud, tales como la existencia de hormigueos o sensación de mareo. Es importante que la empresa establezca un canal de comunicación efectivo para que las personas trabajadoras informen de la existencia de algún posible indicio de daño.

Artículo 7. Consulta y participación de los trabajadores.

La consulta y participación de los trabajadores sobre las cuestiones a que se refiere este Real Decreto, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.2 y en el capítulo V de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

El artículo 18.2 de la LPRL dispone que la empresa "deberá consultar a los trabajadores, y permitir su participación, en el marco de todas las cuestiones que afecten a la seguridad y a la salud en el trabajo, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo V de la presente Ley. Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos de participación y representación previstos en el capítulo V de esta Ley, dirigidas a la mejora de los niveles de protección de la seguridad y la salud en la empresa".

Debe entenderse que consulta y participación son conceptos complementarios entre sí, de forma que la mera consulta pierde sentido si no se permite que la plantilla, en todos sus niveles, plantee sus propuestas y, en su caso, colabore activamente en la implantación de las medidas.

La obligación de consultar y promover la participación puede presentarse en situaciones muy diversas como,

por ejemplo, durante todas las fases del proceso de evaluación, al introducir nuevas tecnologías o equipos que impliquen exposición, al planificar y organizar el trabajo para reducir el riesgo, al adoptar medidas técnicas de prevención o de protección o al diseñar y programar acciones formativas.

Además del cumplimiento de esta disposición, las aportaciones del personal involucrado, como conocedor de las actividades que se desarrollan en el puesto de trabajo, constituyen un valor añadido para la mejora de las condiciones laborales. De esta forma, la empresa puede recabar información relevante, tanto en el proceso de evaluación como en el establecimiento de medidas técnicas o de organización frente a las vibraciones, que permita una gestión eficaz del riesgo y mejore la aceptación de las medidas adoptadas por parte de las personas trabajadoras.

Artículo 8. Vigilancia de la salud.

1. Cuando la evaluación de riesgos prevista en el artículo 4.1 ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, de conformidad con lo dispuesto en este artículo, en el artículo 22 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y en el artículo 37.3 del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

La vigilancia de la salud debe ser realizada por personal sanitario competente siguiendo lo establecido en el Protocolo para la vigilancia sanitaria específica de las personas de las personas trabajadoras expuestas a vibraciones y se adaptará a los principios recogidos en la Guía básica y general de orientación de las actividades de vigilancia de la salud para la prevención de riesgos laborales. Ambos documentos están aprobados por la Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud.

La LPRL configura la vigilancia de la salud como un derecho de la persona y una obligación de la empresa,

enunciando como regla general la voluntariedad de esta. De este carácter voluntario se exceptúan, previo informe de la representación legal del personal, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para:

- evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud, o
- verificar si el estado de salud puede constituir un peligro para quien realiza el trabajo, para el resto de la plantilla o para otras personas relacionadas con el centro de trabajo.

La vigilancia de la salud, cuyos resultados se tendrán en cuenta al aplicar medidas preventivas en un lugar de trabajo concreto, tendrá como objetivo la prevención y el diagnóstico precoz de cualquier daño para la salud como consecuencia de la exposición a vibraciones mecánicas. Dicha vigilancia será apropiada cuando:

- a. La exposición del trabajador a las vibraciones sea tal que pueda establecerse una relación entre dicha exposición y una enfermedad determinada o un efecto nocivo para la salud.
- b. Haya probabilidades de contraer dicha enfermedad o padecer el efecto nocivo en las condiciones laborales concretas del trabajador.
- c. Existan técnicas probadas para detectar la enfermedad o el efecto nocivo para la salud.

El riesgo de daño para la salud por vibraciones dependerá de la combinación de varios factores, entre ellos las características de la vibración (valores de acelera-

ción y de frecuencia), la duración de la exposición, así como que el método de trabajo permita la transmisión de la vibración al cuerpo de la persona trabajadora.

En cualquier caso, todo trabajador expuesto a niveles de vibraciones mecánicas superiores a los valores establecidos en el apartado 1.b) y en el apartado 2.b) del artículo 3 tendrá derecho a una vigilancia de la salud apropiada.

Se trata de todas aquellas personas trabajadoras que tengan una exposición diaria superior a alguno de los niveles de acción:

- 2,5 m/s² para las vibraciones mano-brazo.
- 0,5 m/s² para las vibraciones de cuerpo entero.

En aquellos casos señalados en el artículo 3.3 y en el artículo 5.4, en que no pueda garantizarse el respeto del valor límite de exposición, el trabajador tendrá derecho a una vigilancia de la salud reforzada, que podrá incluir un aumento de su periodicidad.

El artículo 3.3 establece los requisitos legales para calcular la exposición con un periodo de referencia de 40 horas semanales. El artículo 5.4 dispone la excepción

al cumplimiento del valor límite de exposición para las vibraciones de cuerpo entero en el sector de la navegación marítima o aérea.

2. La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral de los trabajadores sujetos a ella con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1. El acceso, confidencialidad y contenido de dichas historias se ajustará a lo establecido en los apartados 2, 3 y 4 del artículo 22 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y el artículo 37.3.c) del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. El trabajador tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

Los exámenes de salud incluirán, en todo caso, una historia clínico-laboral actualizada, en la que además de los datos de anamnesis, exploración clínica y estudios complementarios en función de los riesgos por exposición a las vibraciones, se hará constar una descripción detallada del puesto de trabajo, el tiempo de permanencia en el mismo, los riesgos detectados en el análisis de las condiciones de trabajo y las medidas de prevención adoptadas.

Las medidas de vigilancia y control de la salud se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona trabajadora y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud. Los resultados de la vigilancia serán comunicados al personal afectado y no po-

drán ser usados con fines discriminatorios ni en su perjuicio.

El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la vigilancia de la salud, sin que pueda facilitarse a la empresa o a otras personas sin consentimiento expreso de la persona trabajadora.

No obstante, la empresa y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la aptitud para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección y prevención, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materia preventiva.

3. Cuando la vigilancia de la salud ponga de manifiesto que un trabajador padece una enfermedad o dolencia diagnosticable que, en opinión del médico responsable de la vigilancia de la salud, sea consecuencia, en todo o en parte, de una exposición a vibraciones mecánicas en el lugar de trabajo:
 - a) El médico comunicará al trabajador el resultado que le atañe personalmente; en particular, le informará y aconsejará sobre la vigilancia de la salud a que deberá someterse al final de la exposición.
 - b) El empresario deberá recibir información obtenida a partir de la vigilancia de la salud, conforme a lo establecido en el artículo 22 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

El personal sanitario responsable de la vigilancia de la salud informará a la persona trabajadora de los hallazgos detectados en el examen de salud, los síntomas a los que deberá prestar atención por ser los más frecuentes cuando se está expuesto a vibraciones y las medidas que se recomiendan en su caso. Se le informará también de la periodicidad recomendada para el siguiente examen de salud.

Cuando el médico o médica del trabajo sospeche encontrarse ante un caso de enfermedad profesional informará a la persona trabajadora afectada, y procederá a comunicarlo tal y como establece el artículo 5 del Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesiona-

les en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, a la mutua o empresa colaboradora de la Seguridad Social o al INSS, a través del órgano competente en cada comunidad autónoma.

Por su parte, la empresa y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la aptitud de la persona trabajadora para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección y prevención, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materia preventiva.

- c) Por su parte, el empresario deberá:
 1. Revisar la evaluación de los riesgos efectuada con arreglo al artículo 4.
 2. Revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo a lo dispuesto en el artículo 5.

3. Tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualquiera otra medida que se considere necesaria para eliminar o reducir riesgos de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición.
4. Disponer un control continuado de la salud del trabajador afectado y el examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar. En tales casos, el médico responsable de la vigilancia de la salud podrá proponer que las personas expuestas se sometan a un reconocimiento médico.

La vigilancia suele referirse a dos amplios conjuntos de actividades en el campo de la salud en el trabajo. La vigilancia individual y la vigilancia colectiva. En este sentido, el personal sanitario del servicio debe analizar los resultados de la vigilancia de la salud de las personas trabajadoras y de la evaluación de los riesgos, con criterios epidemiológicos y debe colaborar con el resto de los componentes del servicio, a fin de investigar y analizar las posibles relaciones entre la exposición a los riesgos profesionales y los perjuicios para la salud y proponer medidas encaminadas a mejorar las condiciones y medio ambiente de trabajo. Si fuese necesario, el personal sanitario podría proponer que las personas expuestas a una exposición similar a la de casos individuales se sometan a un reconocimiento médico.

Ambos tipos de vigilancia, individual y colectiva, deben servir para detectar daños derivados del trabajo

y factores de riesgo en el lugar de trabajo. En caso de que se produzcan, el servicio de prevención deberá revisar la evaluación de riesgos y, si las medidas preventivas son insuficientes o inadecuadas, deberá proponer aquellas específicas que permitan evitar los daños.

En los casos particulares, el personal sanitario del servicio de prevención valorará la necesidad de implementar también medidas preventivas concretas, especificándolas. Estas medidas deberán ir dirigidas a adaptar el trabajo a la persona trabajadora para la realización íntegra de las tareas propias de su puesto de trabajo, aunque en ocasiones podrían tener carácter restrictivo, es decir, medidas que podrían implicar la no realización total o parcial de tareas muy concretas y específicas de su puesto de trabajo, e incluso la posibilidad de asignar a la persona trabajadora otro trabajo donde no exista riesgo de exposición.

Disposición adicional única. Información de las autoridades laborales.

A los efectos de dar cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 10.4 de la Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones), la autoridad laboral competente remitirá cada cuatro años desde la entrada en vigor de este Real Decreto al Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales la lista de las excepciones que en sus respectivos territorios se apliquen en virtud de lo dispuesto en los artículos 3.3 y 5.4, indicando las circunstancias y razones precisas que fundamentan dichas excepciones.

Disposición transitoria única. Normas transitorias.

Cuando se utilicen equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores antes del 6 de julio de 2007 y que no permitan respetar los valores límite de exposición habida cuenta de los últimos avances de la técnica y/o de la puesta en práctica de medidas de organización, las obligaciones previstas en el artículo 5.3 no serán de aplicación, en los términos previstos del artículo 9 de la Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y de Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones), hasta el 6 de julio de 2010 y, en el caso particular de los equipos utilizados en los sectores agrícola y silvícola, hasta el 6 de julio de 2012.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, como órgano científico-técnico especializado de la Administración General del Estado, en el ejercicio de su función de investigación, estudio y divulgación en materia de prevención de riesgos laborales de conformidad con el artículo 8 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, deberá realizar antes del 31 de diciembre de 2011 estudios técnicos especializados en materia de vibraciones mecánicas en los sectores agrícola y silvícola, teniendo en cuenta el estado de la técnica y la experiencia obtenida en otros Estados.

A la vista de tales estudios, el Gobierno, previa consulta a las organizaciones sindicales y empresariales más representativas, procederá a la modificación de este Real Decreto para determinar la fecha definitiva de aplicación de las obligaciones previstas en el artículo 5.3 en los sectores agrícola y silvícola, y podrá prorrogar para estos sectores los plazos a que se refiere el párrafo primero de esta disposición transitoria en los términos del artículo 9 de la Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y de Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).

Desde 2014 todas las disposiciones de este real decreto son de aplicación, dado que las sucesivas moratorias que establecía esta disposición transitoria han vencido.

Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa.

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo previsto en este Real Decreto.

Disposición final primera. Elaboración y actualización de la guía técnica.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, elaborará y mantendrá actualizada una guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas.

Se trata de la presente guía técnica.

Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este Real Decreto, así como para incorporar al anexo las adaptaciones de carácter estrictamente técnico adoptadas por la Comisión Europea de conformidad con lo dispuesto en los artículos 11 y 12 de la Directiva 2002/44/CE.

Dado en Madrid, el 4 de noviembre de 2005.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales,

JESÚS CALDERA SÁNCHEZ-CAPITÁN

ANEXO.**A. Vibración transmitida al sistema mano-brazo**

1. Evaluación de la exposición.- La evaluación del nivel de exposición a la vibración transmitida al sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un período de referencia de ocho horas, $A(8)$, expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales a_{hwvx} , a_{hwvy} y a_{hwvz} , como se define en los capítulos 4 y 5 y en el anexo A de la norma UNE-EN ISO 5349-1 (2002).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

2. Medición.- Cuando se proceda a la medición, de conformidad con el artículo 4.1:
 - a) Los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión; los métodos y aparatos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida, con arreglo a la norma UNE-EN ISO 5349-2 (2002).
 - b) Cuando se trate de aparatos que deban sostenerse con ambas manos, las mediciones deberán realizarse en cada mano. La exposición se determinará por referencia al valor más elevado; también se dará información sobre la otra mano.
3. Interferencias.- Las disposiciones del artículo 4.4.d) se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.
4. Riesgos indirectos.- Las disposiciones del artículo 4.4.d) se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudiquen la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.
5. Equipos de protección individual.- Los equipos de protección individual contra la vibración transmitida al sistema mano-brazo pueden contribuir al programa de medidas mencionado en el artículo 5.2.

B. Vibración transmitida al cuerpo entero

1. Evaluación de la exposición.- La evaluación del nivel de exposición a las vibraciones se basa en el cálculo de la exposición diaria $A(8)$ expresada como la aceleración continua equivalente para un período de ocho horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas según los tres ejes ortogonales ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz} para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con los capítulos 5, 6 y 7, el anexo A y el anexo B de la norma ISO 2631-1 (1997).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

En el sector de la navegación marítima podrán tenerse en cuenta únicamente, para la evaluación de las exposiciones, las vibraciones de frecuencia superior a 1 Hz.

2. Medición.- Cuando se proceda a la medición, de conformidad con el artículo 4.1, los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión. Los métodos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida.
3. Interferencias.- Las disposiciones del artículo 4.4.d) se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.

4. Riesgos indirectos.- Las disposiciones del artículo 4.4.d) se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudiquen la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.
5. Prolongación de la exposición.- Las disposiciones del artículo 4.4.g) se aplicarán, en particular, cuando la naturaleza de la actividad implique la utilización por parte de los trabajadores de locales de descanso bajo responsabilidad del empresario; excepto en casos de fuerza mayor, la exposición del cuerpo entero a las vibraciones en estos locales debe reducirse a un nivel compatible con las funciones y condiciones de utilización de estos locales.

En los apéndices 4 y 3B de la guía se profundiza sobre los aspectos tratados en este anexo respecto a la evaluación de la exposición y a la medición, respectivamente, tanto de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, como las transmitidas al cuerpo entero.

En el diagrama de la figura 3, se resumen las medidas que deben aplicarse según los resultados hallados en la evaluación de riesgos por exposición a las vibraciones mecánicas.

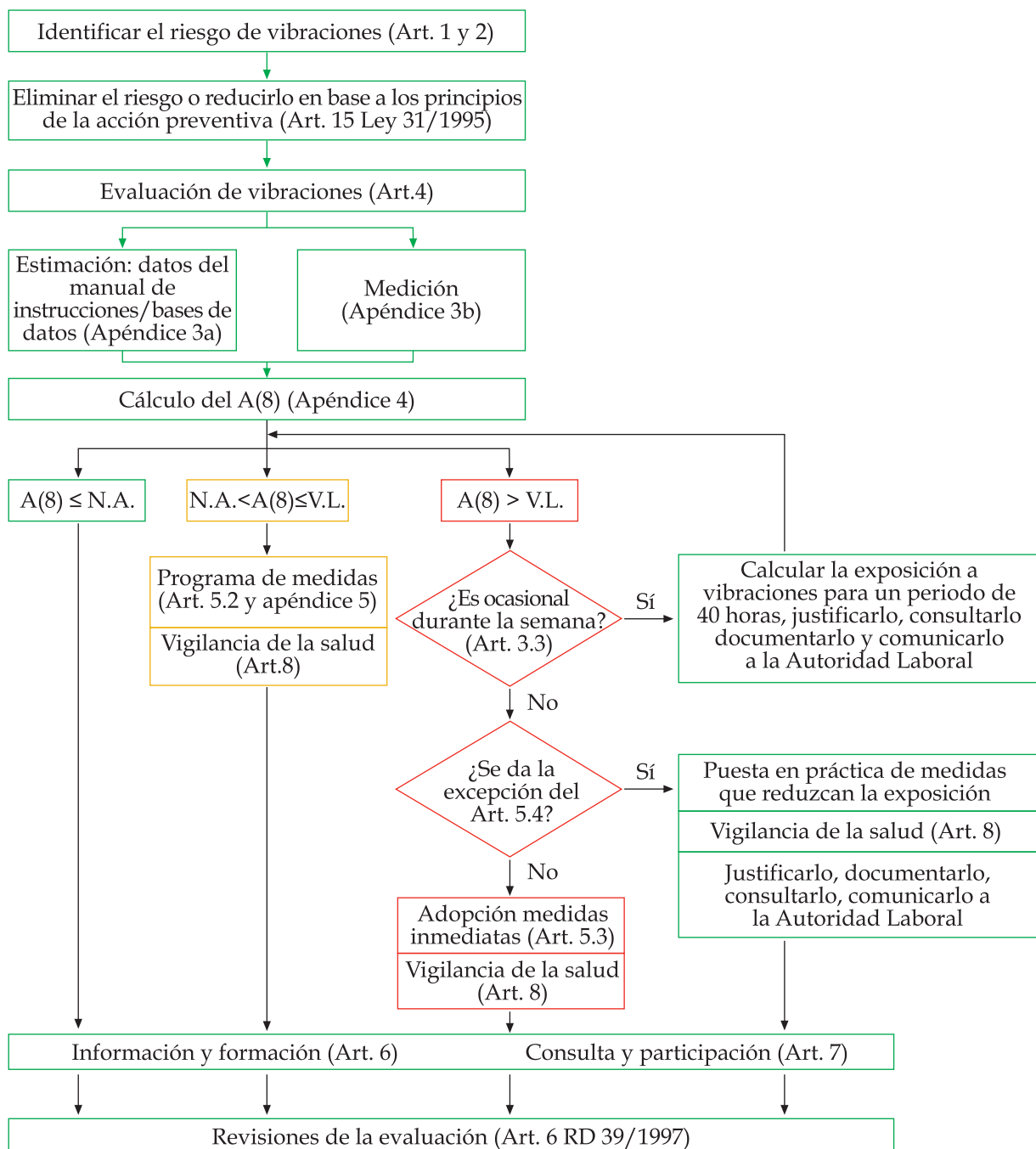


Figura 3. Diagrama resumen del RD 1311/2005.

III. APÉNDICES

APENDICE 1. FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LAS VIBRACIONES

INTRODUCCIÓN

Cuando un cuerpo sólido se mueve oscilando en torno a un punto de equilibrio sin que haya desplazamiento neto, se dice que el objeto vibra. Al final del proceso, permanece en la misma posición que estaba cuando empezó a vibrar.

La vibración más sencilla que puede existir es el movimiento armónico simple, que consiste en un movimiento periódico en el que un objeto oscila en una misma dirección y a intervalos iguales de tiempo, por ejemplo, el péndulo de un reloj o una masa unida a un muelle.

El proceso del movimiento armónico simple, en el ejemplo de una masa unida a un muelle, puede describirse de la siguiente forma: al forzar el cambio de posición de la masa estirando el muelle, la fuerza del resorte intervendrá provocando el regreso de la masa a su origen donde la acción del muelle desaparece (figura 1).

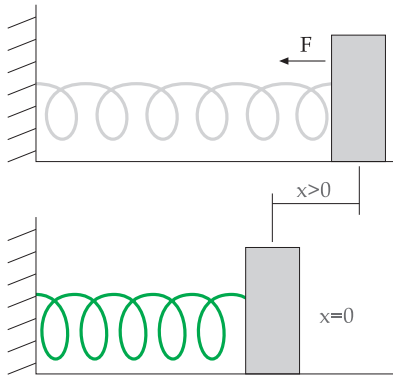


Figura 1. Regreso a la posición de equilibrio.

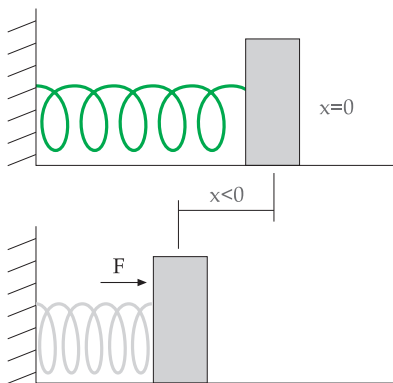


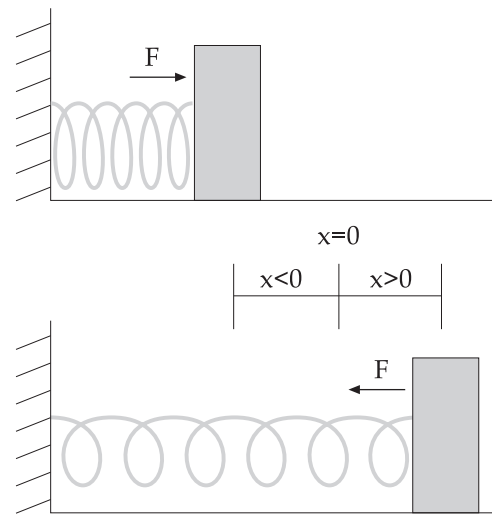
Figura 2. Frenado e inversión del movimiento.

En el origen o punto de equilibrio la masa tendrá una energía cinética y por ello continuará su despla-

amiento presionando al muelle, que frenará a la masa (figura 2) hasta que se invierta el movimiento y esta retorne otra vez al equilibrio.

Cuando llegue de nuevo a la posición de equilibrio habrá adquirido velocidad de nuevo, lo que hará que siga desplazándose, estirando al muelle y, por tanto, continuará con una repetición indefinida del ciclo de transferencia de energía potencial del muelle a la masa y de energía cinética de la masa al muelle (figura 3).

Figura 3. Repetición del ciclo.



Los sistemas reales tienen fricción, lo que provoca la disipación de energía en forma de calor y la consecuente disminución de la amplitud de la vibración.

Para generar y mantener vibraciones, es imprescindible un suministro de energía.

El tiempo necesario para realizar un ciclo completo, es decir, el regreso de la masa a la posición inicial se denomina periodo (T) y se mide en segundos (s).

El número de ciclos completos que se suceden en la unidad de tiempo se denomina frecuencia (f) y es la inversa del periodo. Se mide en Hercios (Hz).

$$f = 1/T \quad (1)$$

La frecuencia de oscilación tras la interacción de una fuerza puntual es una constante que viene determinada por la masa y por la rigidez del muelle. En función de esto, un sistema mecánico posee unas frecuencias naturales de vibración.

A continuación, se hace una relación de algunas fuentes habituales de vibraciones en el entorno laboral, así como el rango de frecuencias característico.

Frecuencias muy bajas	<1 Hz	Medios de transportes	Avión Tren Barco Automóvil
Frecuencias bajas	1 a 20 Hz	Vehículos de transporte	Vehículos industriales (carretilla, ...) Vehículos agrícolas (tractores, ...) Camiones, autobuses Vehículos obras públicas
Frecuencias altas	20 a 1400 Hz	Máquinas portátiles y guiadas a mano	Amoladoras Taladros Cortacéspedes Martillos percutores

Tabla 1. Fuentes típicas de vibraciones.

ACELERACIÓN CONTINUA EQUIVALENTE

$$d(t) = D \text{ sen}(2\pi ft) \quad (2)$$

Dada la naturaleza del movimiento armónico simple, una forma intuitiva de medirlo es considerar la distancia máxima que alcanza el objeto respecto a la posición de equilibrio. Para realizar una descripción más completa del movimiento, se puede representar en una gráfica la posición frente al tiempo (figura 4). El resultado es una función senoidal que obedece a la siguiente expresión matemática:

donde,

$d(t)$ es el desplazamiento instantáneo.
 D es el desplazamiento máximo.
 t es el tiempo.
 f es la frecuencia.

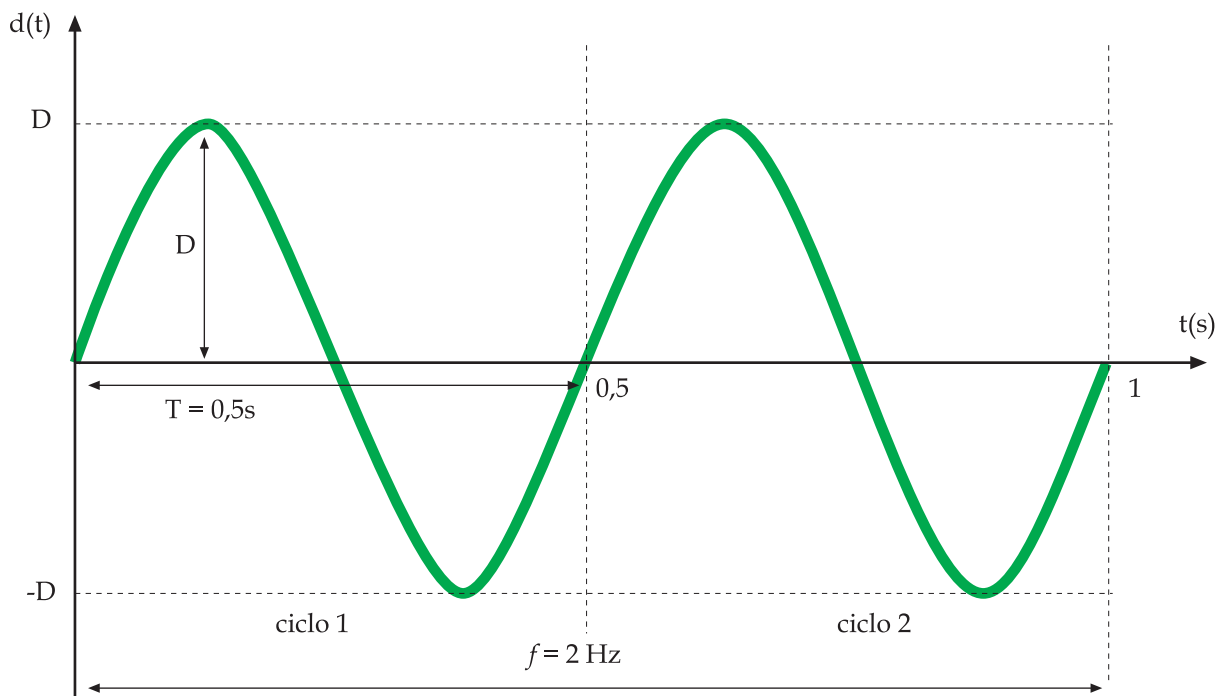


Figura 4. Parámetros de la vibración.

A partir del desplazamiento, se puede obtener la velocidad y la aceleración de la masa, las cuales también se expresan como funciones senoidales. Cualquiera de estas tres magnitudes permite la descripción del mo-

vimiento, aunque habitualmente en el ámbito de la seguridad y salud laboral se utiliza la aceleración ya que resulta más sencilla de medir que el desplazamiento o la velocidad. La unidad de la aceleración es el metro por segundo al cuadrado (m/s^2).

Las vibraciones que se presentan en un entorno laboral, tales como las producidas por las máquinas, acaorean movimientos mucho más complejos que el movimiento armónico simple y no obedecen a una función senoidal o a otro patrón típico.

Una vibración simple también puede caracterizarse por el valor cuadrático medio de su aceleración, denominado valor RMS (en inglés, Root Mean Square) o aceleración eficaz. Se puede expresar matemáticamente por la ecuación 3.

$$a_{RMS} = \lim_{T \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt} \quad (3)$$

donde,

a_{RMS} es la aceleración eficaz (m/s²).

$a(t)$ es el valor instantáneo de la aceleración (m/s²).

T es el tiempo de integración (s).

El valor eficaz de la aceleración se puede visualizar en la figura 5.

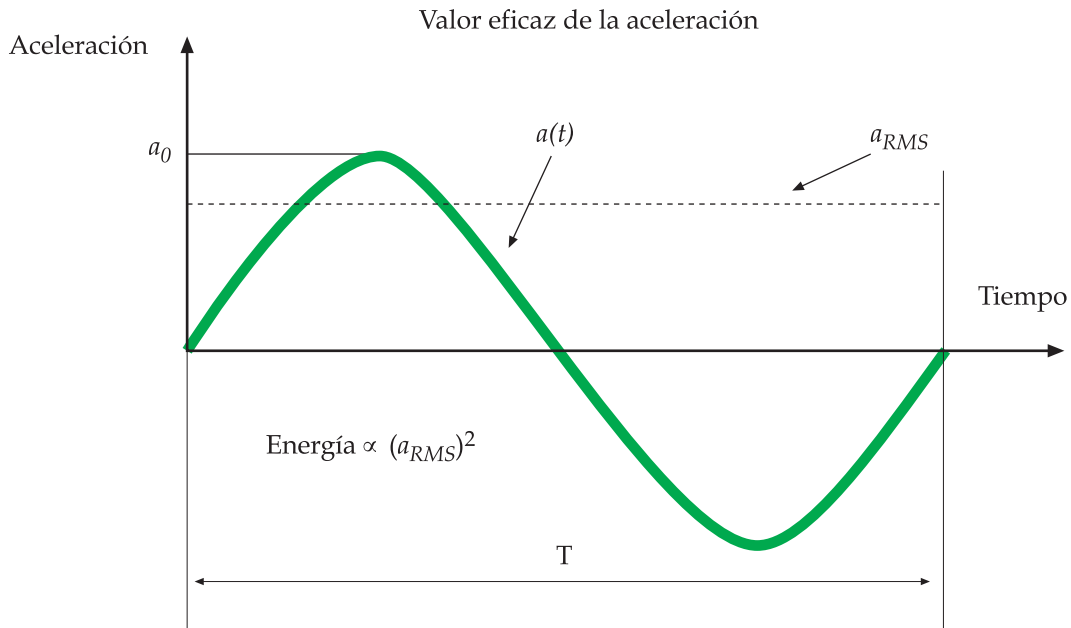


Figura 5. Aceleración eficaz².

El valor RMS es un parámetro muy útil porque cuenta con significado físico, es decir, aporta información sobre la energía de la vibración, en concreto, esta es proporcional al cuadrado de la aceleración eficaz. Trasladando este concepto a una vibración real, y por tanto multifrecuencia, se obtiene la aceleración continua equivalente (a), como promedio de la aceleración instantánea en un periodo de tiempo determinado (ecuación 4). Es un valor hipotético y constante que transmitiría la misma energía que la aceleración variable en el tiempo.

$$a = \sqrt{\frac{1}{T_{med}} \int_0^{T_{med}} a^2(t) dt} \quad (4)$$

Donde

$a(t)$ es el valor instantáneo de la aceleración para una vibración real.

T_{med} es el tiempo de medición.

Dado que las vibraciones complejas pueden descomponerse en una suma de funciones armónicas, con sus frecuencias específicas, la aceleración continua equivalente se puede calcular a partir de la suma cuadrática de las aceleraciones eficaces en cada una de las bandas de octava, tal como se indica en la ecuación 5. Véase apéndice 3B.

$$a = \sqrt{\sum_i (a_{RMS})_i^2} \quad (5)$$

En general, cuando el tiempo de referencia es un periodo de 8 horas, la aceleración continua equivalente se designa como $A(8)$, previamente denominada en este texto como aceleración diaria equivalente, y puede expresarse matemáticamente mediante la ecuación 6.

$$A(8) = a \sqrt{\frac{T}{8 \text{ h}}} \quad (6)$$

² En el caso de una frecuencia pura con una amplitud constante en el tiempo, la aceleración eficaz se puede obtener mediante la integración en un único periodo, ya que esta coincide con el valor límite de la ecuación 3 ($a_{RMS} = \frac{a_0}{\sqrt{2}}$)

Además del valor eficaz de la aceleración existen otros valores para completar la descripción del movimiento: factor cresta, valor máximo transitorio y valor de dosis de vibración. Véase último apartado del apéndice.

Por otra parte, la aceleración lleva implícita una dirección determinada puesto que es una magnitud vectorial, al igual que sucede con la velocidad y el desplazamiento, lo que conlleva que se puede expresar en función de las tres componentes de un sistema de referencia ortogonal según la ecuación 7.

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (7)$$

Cuando el estudio de las vibraciones se realiza con objeto de su interacción con la salud de la persona, interesa fijar la dirección de incidencia de la vibración respecto a unos ejes ortogonales ligados al cuerpo humano y no a referencias espaciales, como es habitual.

En particular, para el análisis de la interacción con el sistema mano-brazo, se utiliza el sistema ortogonal que se detalla en la figura 6, mientras que, para la interacción a nivel de cuerpo entero, se opta por el sistema ortogonal que aparece en la figura 7.

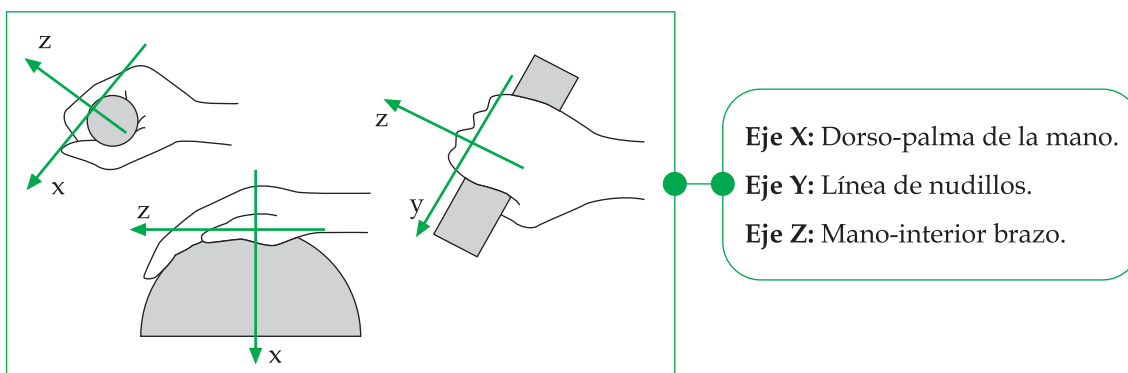


Figura 6. Sistema ortogonal mano-brazo.

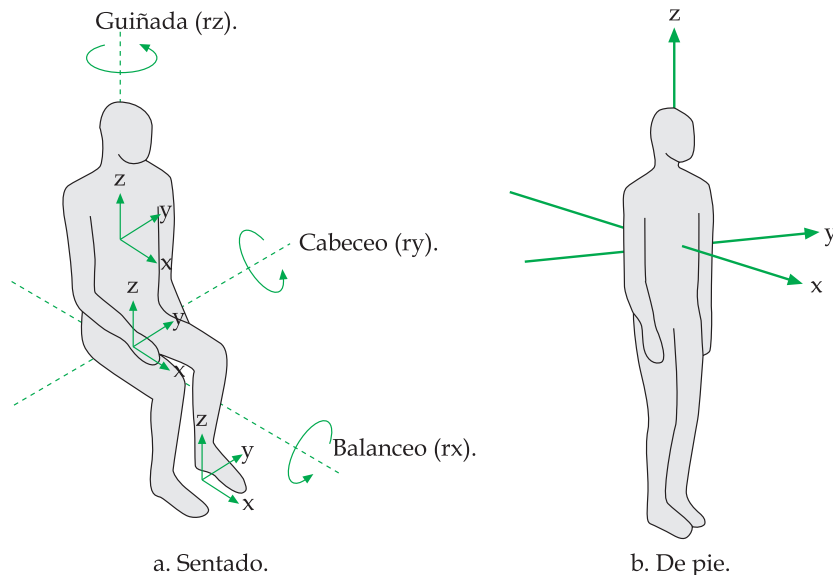


Figura 7. Sistema ortogonal cuerpo entero.

En el apéndice 3, se explican los factores de ponderación que se aplican a las componentes frecuenciales en función del efecto nocivo de cada frecuencia.

RESONANCIA

En anteriores apartados, se ha referido que la comunicación de una energía al modelo del muelle y la masa mediante la acción de una fuerza de carácter impulsivo

deriva en una vibración con una frecuencia constante, denominada frecuencia natural.

La resonancia es un fenómeno que consiste en el incremento sucesivo del nivel de vibración hasta alcanzar valores elevados que, en ocasiones, pueden suponer el deterioro del mecanismo. Para que esto suceda, es necesario partir de un sistema con bajo amortiguamiento, es decir escasa fricción, al que se someta a un aporte continuado de energía, gracias a la acción de una

fuerza periódica excitadora, que coincida o se aproxime a la frecuencia natural del sistema, lo que permite incrementar la energía en cada ciclo.

SISTEMAS MECÁNICOS

El conjunto muelle y masa es un sistema muy simple, con un único movimiento básico, pero en la realidad, los sistemas mecánicos son mucho más complejos. Por ejemplo, si se considera un objeto compuesto por una serie de elementos y se presupone que todas las partes de este se mueven juntas en todo instante, con independencia de la dirección del movimiento, se podrían dar 6 movimientos básicos individuales, que se conocen como grados de libertad. Estos son:

- Traslaciones respecto de los tres ejes ortogonales x , y , z .
- Rotaciones entorno a los ejes x , y , z , que se denominan respectivamente balanceo, cabeceo y deriva.

Cada grado de libertad otorga al sistema una frecuencia natural de vibración. La combinación de los 6 movimientos citados dará lugar a una vibración de todo el sistema. Sin embargo, los sistemas no tienen una rigidez infinita y, por tanto, el número de grados de libertad puede ser infinito, abriendo la posibilidad a la generación de vibraciones muy difíciles de predecir que dependerán de la fuerza aplicada y de las características del sistema.

Dada la complejidad para abordar las vibraciones de cualquier estructura física, incluido el cuerpo humano, se puede configurar un modelo constituido por un número finito de resortes, masas y amortiguadores de forma que se reduzcan los grados de libertad del sistema mecánico inicial. Los amortiguadores son elementos que simulan la absorción de energía, disipando la energía cinética y potencial en calor.

Las características de la fuente excitadora, las frecuencias naturales de la estructura y los elementos de amortiguación son los factores que influyen en el reparto de la energía. Siempre que una estructura se someta a una desviación mediante un impulso vibrará a sus frecuencias naturales, pero si en el tiempo persiste una fuerza modulada en una frecuencia coincidente con alguna de las frecuencias naturales del sistema, este podrá entrar en resonancia, tal como se indicó en el apartado anterior.

Cuando el organismo humano o alguna de sus partes, experimenta una exposición a una vibración con frecuencia similar a alguna de sus frecuencias naturales, puede tener lugar un proceso de resonancia con el consiguiente daño para la salud.

El cuerpo humano tiene muchas frecuencias de resonancia a las que se puede sufrir mayor daño. Estas varían de unas personas a otras, también en función de la

postura y de la dirección de la vibración ya que el cuerpo humano no es simétrico. Por ejemplo, la columna es resonante en modo axial para frecuencias de 10 a 12 Hz; la masa abdominal, en la banda de 4 a 8 Hz, y la cabeza en modo axial, en la banda de 20 a 30 Hz (figura 8).

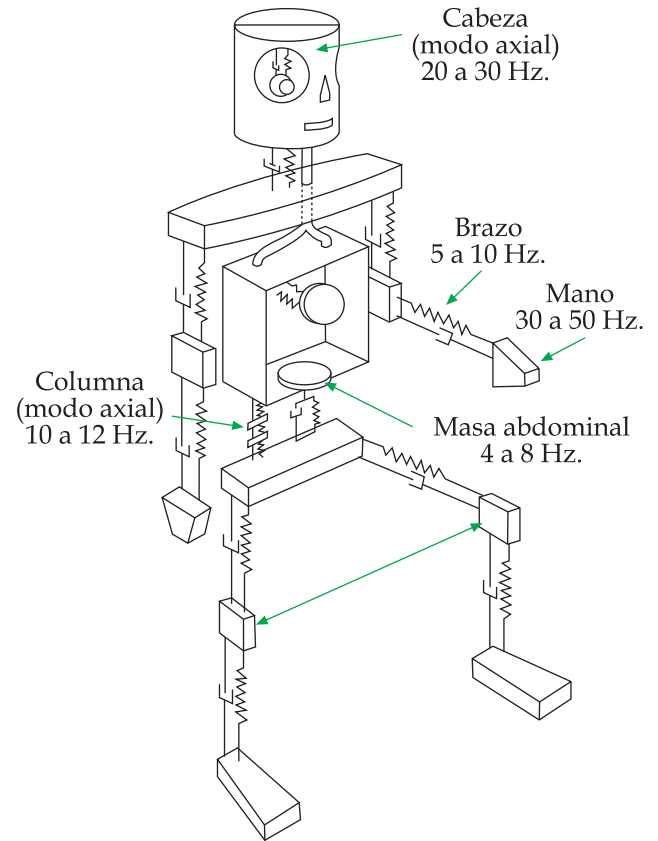


Figura 8. Modelo humano basado en masas, muelles y amortiguadores viscosos.

OTRAS MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS DE LA VIBRACIÓN

El estado del conocimiento sobre los daños provocados por las vibraciones es todavía impreciso, lo que deriva en una dificultad para describir la exposición tanto en nivel y frecuencia como en duración. Por esta razón, el método fundamentado en la aceleración continua equivalente podría no ser el óptimo en determinadas situaciones.

Para la vibración mano-brazo se han explorado otros criterios alternativos que ponen el foco en la aceleración pico o en el promedio de la raíz cuarta. En particular, para las vibraciones impulsivas producidas, por ejemplo, por el uso de herramientas percutoras, se han analizado los valores pico o el factor cresta. Sin embargo, estos métodos no han sido objeto de acuerdo.

Los estudios de investigación para la vibración de cuerpo entero continúan ratificando la validez del valor de la aceleración continua equivalente cuando los valores de pico no son sustanciales (factor cresta

igual o inferior a 9). Sin embargo, en caso contrario, revelan una subestimación de los efectos, razón por la que la comunidad científica recomienda utilizar procedimientos adicionales para la evaluación de la exposición. Véase apéndice 4. A continuación, se definen los más relevantes:

- Factor cresta.
- Valor máximo transitorio (MTVV).
- Valor de dosis a la cuarta potencia (VDV).

El factor cresta de la vibración es el módulo de la relación entre el valor máximo y la aceleración continua equivalente durante un mismo periodo.

El valor eficaz móvil, $a(t_0)$, se obtiene a partir de la expresión matemática 8.

$$a(t_0) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{\tau-}^{\tau} a^2(t) dt} \quad (8)$$

Donde τ es el tiempo de integración para el promedio móvil.

La diferencia que existe entre ambas magnitudes radica en el periodo de integración. Habitualmente para el valor eficaz móvil se recomienda utilizar un intervalo de 1 segundo. Por tanto, sus respectivos valores coinciden en el instante inmediatamente anterior al momento de la observación.

Así, para vibraciones constantes, no tiene interés recurrir al valor eficaz móvil, pero en el caso que la vibra-

ción presente choques o fenómenos transitorios, este nuevo valor presentará crecimientos y decrecimientos que seguirán las variaciones de los niveles de la vibración.

Por otra parte, se define el valor máximo transitorio (MTVV) como el máximo del valor eficaz móvil durante el periodo de medición.

$$MTVV = \max_{t_0} [a(t_0)] \quad (9)$$

Se trata del máximo del conjunto de valores que se han calculado promediando durante periodos temporales de un segundo.

Por último, el valor VDV es la raíz cuarta de la suma de los valores de la aceleración instantánea elevados a la cuarta potencia, que se suceden durante el tiempo de medida:

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T a^4(t) dt} \quad (10)$$

Por tanto, es un valor creciente, ya que es el resultado de una acumulación durante todo el periodo de observación, no un valor promediado en el tiempo. En definitiva, se trata de una dosis que da más peso a los valores de pico que el resto de los parámetros previamente definidos por estar elevada a la cuarta potencia.

APÉNDICE 2. EFECTOS PARA LA SALUD

Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo

Exposición laboral [1]

Las actividades y procesos industriales en los que existe exposición a las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo son muy variados y están muy extendidos. Entre otras, destacan la industria manufacturera, debido al uso de herramientas percutoras o rotativas; la minería y la construcción, por el uso de herramientas perforadoras, picadoras o compactadores vibratorios; la agricultura y la silvicultura.

Además de por el uso de herramientas a motor, máquinas portátiles o máquinas guiadas con las manos, como las cortadoras de césped, también puede darse exposición a este tipo de vibraciones por sostener con las manos piezas o controles manuales que se encuentran vibrando o por la conducción de vehículos.

Efectos agudos [1]

Los efectos agudos que origina la exposición a las vibraciones mano-brazo son la sensación de malestar subjetiva y la pérdida de destreza manual, que potencialmente puede interferir en la actividad laboral.

La sensación subjetiva de malestar producida por las vibraciones mano-brazo depende de su espectro de frecuencias y de la fuerza de agarre ejercida sobre la empuñadura que vibra. Se ha observado que la sensibilidad humana a las vibraciones depende de la frecuencia, de forma que las frecuencias más altas producen una respuesta menor.

Efectos crónicos [2], [3], [4], [5]

Síndrome de la vibración mano-brazo

El síndrome de la vibración mano-brazo comprende un conjunto de síntomas vasculares y neurológicos.

- Trastornos vasculares

La principal manifestación es la aparición de un **fenómeno de Raynaud secundario o dedo blanco inducido por vibraciones**.

Los síntomas son la palidez intermitente de distintas partes de los dedos, inicialmente solo las puntas, que puede extenderse a su totalidad. La sensibilidad de los dedos disminuye durante el episodio del fenómeno, de forma que no se detectan ciertos estímulos que normalmente producen dolor. Esto puede interferir con el trabajo a realizar y aumenta el riesgo de que se produzca un accidente: caída de un objeto, lesión con una herramienta, etc. El tacto y la destreza se ven afectados, hasta el punto de no poder reanudar el trabajo hasta

que el episodio no haya finalizado, lo cual requiere el retorno a la normalización de la circulación sanguínea de la zona.

Los síntomas suelen ser más graves en el lado de la mano dominante y se desencadena fácilmente por la exposición al frío.

- Trastornos neurológicos

Las vibraciones transmitidas a las extremidades superiores pueden provocar la aparición de sensaciones de **entumecimiento y hormigueo** en los dedos y las manos. Estos síntomas tienden a empeorar en duración, frecuencia e intensidad si la exposición continúa. Las personas afectadas ven reducida su percepción táctil, puede disminuir su sensibilidad al calor y al frío, así como un deterioro en la destreza manual. Esto puede interferir con el trabajo a realizar y aumenta el riesgo de que se produzca un accidente: caída de un objeto, lesión con una herramienta, etc.

Las personas trabajadoras expuestas a vibraciones a veces pueden presentar un **síndrome de túnel carpiano**. Los movimientos repetitivos, agarres fuertes o posturas forzadas combinadas con la exposición a vibraciones pueden provocar este síndrome.

Trastornos osteoarticulares

Los trastornos de huesos y articulaciones inducidos por vibraciones son un tema controvertido. Diversos autores consideran que los trastornos de huesos y articulaciones en las extremidades superiores de trabajadores que utilizan herramientas vibratorias manuales no tienen un carácter específico y son similares a los debidos al proceso de envejecimiento y al trabajo manual pesado.

Otros trastornos que han sido objeto de estudio son las tendinitis y tenosinovitis en las extremidades superiores, y la contractura de Dupuytren. Estos trastornos parecen estar relacionados con factores de estrés ergonómico que surgen del trabajo manual pesado, pero la asociación con la exposición a las vibraciones no es concluyente.

Algunos investigadores también han informado de un exceso de prevalencia de la enfermedad de Kienbock (malacia semilunar) y de la enfermedad de Preiser (osteonecrosis del escafoides del carpo). Se cree que, además de la vibración, la sobrecarga articular debida a un esfuerzo físico intenso, posturas forzadas y otros factores biomecánicos pueden explicar la mayor incidencia de lesiones esqueléticas. La susceptibilidad constitucional también podría jugar un papel en la etiopatogenia de la osteoartrosis prematura de la muñeca y el codo.

En la actualidad, no existen estudios epidemiológicos que muestren una relación exposición-respuesta para los trastornos de los huesos y las articulaciones en trabajadores expuestos a las vibraciones.

Vibraciones transmitidas al cuerpo entero

Exposición laboral

Las exposiciones laborales a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero se dan, principalmente, en los trabajos con máquinas móviles, como las de movimiento de tierras o los tractores agrícolas; en el transporte y en otros procesos industriales en los que se permanece sobre superficies vibrantes.

Efectos de las vibraciones de cuerpo entero

La exposición a las vibraciones de cuerpo entero puede producir malestar en las personas expuestas. El grado de **malestar** depende de la frecuencia y de la dirección de la vibración, del punto de contacto con el cuerpo y de la duración de la exposición [6].

El movimiento que se produce en los medios de locomoción puede producir **mareo** como respuesta a estímulos con los que el individuo no está familiarizado [7].

Sin embargo, el principal efecto asociado a la exposición a vibraciones de cuerpo entero es el **dolor lumbar** [5], [8], [9] que también puede asociarse a la aparición de cialgia [5]. La postura, las condiciones de los vehículos, la superficie sobre la que estos se desplazan, la organización del trabajo, la manipulación de cargas, las posturas forzadas y las exposiciones mecánicas combinadas e incluso factores psicológicos actuarían en conjunto con las vibraciones para dar lugar a la aparición de dolor en la columna lumbar [10], [11], [12], [13]. En cualquier caso, no se observa una relación entre la exposición a vibraciones de cuerpo entero y una degeneración en la columna vertebral cuando esta se evalúa mediante técnicas de imagen [14].

En relación con el **embarazo**, la exposición a vibraciones de cuerpo entero podría aumentar la probabilidad de tener un parto prematuro, del mismo modo que podría ocurrir al trabajar en puestos que exigen mucho esfuerzo físico, en jornadas prolongadas o trabajar a turnos [15].

Se han publicado diversos estudios que asocian la exposición a vibraciones con diferentes efectos, tales como aquellos que pueden afectar al control motor o la función visual, a la estabilidad postural, la función cognitiva, el desempeño laboral, la fatiga, la frecuencia cardíaca u otros, pero los resultados de los estudios relativos a estos efectos no son consistentes [16], [17].

Exposición conjunta a vibraciones mano brazo y ruido [18]

Si bien no se demuestra la existencia de un mayor riesgo de pérdida de audición por la exposición conjunta de las personas trabajadoras expuestas a ruido y vibraciones, existe un mayor riesgo de pérdida de audición para aquellas que utilizan herramientas vibratorias portátiles en un entorno ruidoso y que padecen dedo blanco por vibraciones, algo que no parece ocurrir en aquellas personas que no lo padecen.

Bibliografía

- [1] Bovenzi M. Vibraciones transmitidas a las manos. En Stellman JM, editor. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. 4.ª edición. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo; 1998. 50.11-50.14
- [2] Comisión Europea, Dirección General de Empleo, Asuntos Sociales e Igualdad de Oportunidades. Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (vibraciones en el trabajo). Publications Office; 2008. [citado 13 de enero de 2025]. Disponible en: <https://op.europa.eu/fr/publication-detail/-/publication/3f9392ff-8975-4139-9ea2-5b168a334664>.
- [3] Institut National de Recherche et Sécurité. Vibrations main-bras. Guide de bonnes pratiques. París: INRS; 2019. [citado 13 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206342>.
- [4] Martínez-Cañavete F. Ruido y vibraciones. Sistemas de prevención y protección. Evaluación de riesgos. En: Gil Hernández F. Tratado de medicina del Trabajo. 1ª edición. Barcelona: Masson; 2005. 289-296.
- [5] Bovenzi M. Health effects of mechanical vibration. G Ital Med Lav Erg 2005; 27:1, 58-64.
- [6] Seidel H, Griffin MJ. Vibraciones de cuerpo entero. En Stellman JM, editor. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. 4ª edición. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo; 1998. 50.11-50.14
- [7] Benson AJ. Mareo inducido por movimiento. En Stellman JM, editor. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. 4ª edición. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo; 1998. 50.11-50.14
- [8] Burström L, Nilsson T, Wahlström J. Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis. Int Arch Occup Environ Health. 2015; 88:403-418. 8

- [9] Essien SK, Trask C, Khan M, Boden C, Bath B. Association Between Whole-Body Vibration and Low-Back Disorders in Farmers: A Scoping Review. *J Agromedicine*. 2018; 23(1): 105-120.9
- [10] de Souza GF, Ferreira R, Silva LF, Peixoto MA. Whole-body vibration and musculoskeletal diseases in professional truck drivers. *Fisioter. Mov*. 2016; 1 (29):159-72.
- [11] Oliveira HG, de Moraes B, Coelho-Oliveira AC, Pessanha J, Moura-Fernandes MC, de Souza-Gama MA, et al. The Consequences of Mechanical Vibration Exposure on the Lower Back of Bus Drivers: A Systematic Review. *Appl. Sci.*: 2021: 11.
- [12] Shaikh AM, Mandal BB, Mangalavalli SM. Causative and risk factors of musculoskeletal disorders among mine workers: A systematic review and meta-analysis.
- [13] Jahn A, Andersen JH, Chistiansen DH, Seidler A, Dalboge A. Occupational mechanical exposures as risk factor for chronic low-back pain: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Work Environ Health*. 2023;49(7):453-465. [citado 13 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.sjweh.fi/article/4114>.
- [14] Macedo LG, Noguchi KS, de Oliveira LA, Bakaa N, Di Pelino S Battie MC. The association between whole body vibration exposure and spine degeneration on imaging: A systematic review. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2022; 35: 691-700. [citado 13 de enero de 2025]. Disponible en: <https://content.iospress.com/download/journal-of-back-and-musculoskeletal-rehabilitation/bmr181350?id=journal-of-back-and-musculoskeletal-rehabilitation%2Fbmr181350>.
- [15] Adane HA, Iles R, Boyle JA, Gelaw A, Collie A. Maternal Occupational Risk Factors and Preterm Birth: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2023; *Public Health Rev* 44:1606085. [citado 13 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.ssph-journal.org/journals/public-health-reviews/articles/10.3389/phrs.2023.1606085/full>
- [16] Halmai B, Holsgrove TP, Vine SJ, Harris DJ, Williams GKR. The after-effects of occupational whole-body vibration on human cognitive, visual, and motor function: A systematic review. *Appl. Ergon*. 2024; 118: 104264. [citado 13 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687024000413?via%3Dihub>
- [17] Savage R, Billing D, Furnell A, Netto K, Aisbett B. Whole-body vibration and occupational physical performance: a review. *Int Arch Occup Environ Health*. 2016; 89:181-197.
- [18] Guisasola A, Lijó A, Fiz LM, Uña M, León CP, Astudillo P. Protocolo para la vigilancia sanitaria específica de las personas trabajadoras expuestas a ruido. Madrid: Ministerio de Sanidad; 2022. [citado 13 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/ruidoProtocolo.pdf>

APÉNDICE 3. DETERMINACIÓN DE LA ACELERACIÓN CONTINUA EQUIVALENTE: ESTIMACIÓN Y MEDICIÓN

Las empresas tienen la obligación, conforme al Real Decreto 1311/2005, de evaluar el riesgo por exposición a las vibraciones mecánicas. Para ello, se deja abierta la posibilidad de recurrir a “la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de vibración de la máquina, incluida la información facilitada por el fabricante en el manual de instrucciones”. Dicha información debe ser conforme a lo establecido en el Real Decreto 1644/2008 o, en su caso, al Reglamento de máquinas.

En este apéndice se presentan los métodos que pueden utilizarse para la determinación de la aceleración continua equivalente, tanto por estimación como por medición. Es recomendable comenzar la evaluación por métodos de estimación y, en caso necesario, realizar una evaluación más detallada mediante la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestas las personas trabajadoras.

A) Determinación de la aceleración continua equivalente por estimación

Esta parte del apéndice introduce el procedimiento de evaluación del riesgo por exposición a las vibraciones mecánicas mediante estimación. Este procedimiento proporciona un valor aproximado de la magnitud probable de vibración de la máquina o del vehículo utilizado en unas condiciones concretas de uso. Por ello, se debe emplear con cautela a la hora de realizar las evaluaciones de riesgos. El apéndice recoge en qué condiciones debe aplicarse y la interpretación de los resultados obtenidos.

Como indica el artículo 4.2 del presente real decreto:

“Para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada”.

Sin embargo, para poder recurrir a este modo de evaluación debe cumplirse, por un lado, que las fuentes de información sean válidas y fiables y, por otro lado, una serie de condiciones relacionadas con la máquina y su uso.

El o la higienista industrial es quien debe comprobar que las fuentes de información que tenga disponibles y de las que vaya a hacer uso sean fiables. Las fuentes

que más comúnmente se consultan son el manual de instrucciones y las bases de datos.

1. Estimación a partir de los datos de las vibraciones en el manual de instrucciones

Para que el procedimiento de evaluación por estimación pueda aplicarse y proporcione un resultado lo más realista posible, se deberán cumplir todas y cada una de las siguientes condiciones:

- a) Disponer de los valores de la vibración emitida por la máquina que se vaya a evaluar.
 - b) Las condiciones de uso real en el puesto de trabajo serán iguales o similares a las condiciones bajo las que se obtuvieron los valores de emisión de la máquina declarados en el manual de instrucciones.
 - c) La máquina deberá estar en buenas condiciones, es decir, su funcionamiento deberá ser correcto y su mantenimiento llevarse a cabo siguiendo las indicaciones de la empresa fabricante.
 - d) Las herramientas insertadas y los accesorios deberán ser iguales a aquellos utilizados durante la determinación de los valores de emisión.
- a) Disponer de los valores de la vibración emitida por la máquina que se vaya a evaluar.

La empresa fabricante está obligada a declarar, en el manual de instrucciones de la máquina, una determinada información relacionada con las vibraciones que vaya a emitir durante su funcionamiento. Esta obligación se recoge en la normativa aplicable que, hasta el 19 de enero de 2027, es el Real Decreto 1644/2008.

Esta normativa establece la obligación de declarar en los manuales de instrucciones los siguientes valores de las vibraciones, según el caso:

- El valor total de la vibración a la que esté expuesto el sistema mano-brazo, cuando exceda de $2,5 \text{ m/s}^2$. En caso contrario, se debe mencionar que no excede.
- En el caso de transmisión de vibraciones al cuerpo entero, el valor ponderado más elevado de la vibración del eje ortogonal, x, y o z, según corresponda, cuando este valor exceda de $0,5 \text{ m/s}^2$. En caso contrario, se debe mencionar que no excede. Cuando la normativa de máquinas matiza que la aceleración debe estar ponderada, se refiere a que las componentes de los ejes x e y deben penalizarse mediante la multiplicación del factor 1,4 a efectos de seleccionar el más elevado. Véase el anexo de este real decreto.

- La incertidumbre de la medición.
- Las condiciones de funcionamiento de la máquina y los métodos de medición utilizados para la obtención del dato que se declara, la referencia a la norma armonizada aplicada o el código de ensayo.

Por ejemplo, los manuales de instrucciones de los vehículos industriales deberían incluir los datos relacionados con las vibraciones de cuerpo entero y también las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo por el volante. No obstante, la utilización de esta información para la estimación de la exposición a las vibraciones de cuerpo entero no es operativa en la práctica, ya que es muy difícil que las condiciones reales de uso sean similares a aquellas en las que se obtuvo el valor declarado, debido a que el tipo y el estado del pavimento tienen mucha influencia.

En 2023, entró en vigor el nuevo reglamento de máquinas que establece una serie de cambios en las obligaciones de la empresa fabricante respecto a la información sobre la vibración emitida por la máquina, que, sin embargo, aplicarán a partir del 20 de enero de 2027. Hasta esta fecha se debe seguir aplicando lo establecido en el Real Decreto 1644/2008.

El valor de emisión que debe declarar la empresa fabricante debe componerse de dos parámetros: el valor promedio de la aceleración y su incertidumbre asociada.

El valor promedio de la aceleración se obtiene tras someter a la máquina de la cual se quiere informar, a un ensayo que se llevará a cabo siguiendo lo establecido en unos códigos normalizados.

En cuanto a la incertidumbre, puede ocurrir que los manuales de instrucciones no contengan este dato. En tales casos, se recomienda recurrir a la norma UNE-EN 12096 para estimar la incertidumbre asociada a la aceleración medida por el fabricante, utilizando la tabla 1.

Valor promedio, a		Incertidumbre, K
Vibración mano-brazo	Vibración de cuerpo entero	
$2,5 \text{ m/s}^2 < a \leq 5 \text{ m/s}^2$	$0,5 \text{ m/s}^2 < a \leq 1 \text{ m/s}^2$	$0,5 a$
$a > 5 \text{ m/s}^2$	$a > 1 \text{ m/s}^2$	$0,4 a$

Tabla 1. Incertidumbre, K , para diferentes valores promedio de la aceleración, a .

b) Las condiciones de uso real en el puesto de trabajo serán similares a las condiciones bajo las que se obtuvieron los valores de emisión de la máquina declarados en el manual de instrucciones.

Las condiciones de funcionamiento indicadas en el manual de instrucciones se establecen en los códigos de ensayo, que son normas específicas para cada tipo de máquina o grupo de máquinas en los que se indica cómo realizar el ensayo de vibraciones. Es importante que, en el manual de instrucciones, el código de ensayo esté referenciado con su nombre completo (número de norma y fecha de edición). Por ejemplo, para designar el código de ensayo de los martillos rompedores de una forma unívoca se utilizaría la siguiente expresión: EN 60745-2-6:2010, para distinguirla de sus versiones anteriores de 2003 y 2007.

A partir de 2005, se comenzaron a actualizar los códigos de ensayo siguiendo los criterios establecidos en la norma EN ISO 20643, ya que los códigos antiguos subestimaban el valor real de la vibración, en caso de vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, por seguirse unas condiciones de medición distintas a las condiciones reales de uso previsto de la máquina.

Por ello, si el valor declarado en el manual de instrucciones no se ha obtenido aplicando un código actualizado podría no ser representativo para realizar la evaluación por estimación.

El INSST ha elaborado un documento técnico que recoge una serie de factores de corrección que, al multiplicarlos por el valor declarado, permiten corregir esta desviación de los valores. El documento se denomina *Requisitos de evaluación de la exposición a las vibraciones mano-brazo mediante estimación a partir de los datos declarados en el manual de instrucciones*.

Como ejemplo de la aplicación de los factores de corrección, se quiere evaluar por estimación la exposición a vibraciones mecánicas durante el uso de un pisón vibrante. Sobre la máquina se conoce que fue adquirida en 2000 y, según su manual de instrucciones, se declara un valor de la aceleración de $5,5 \text{ m/s}^2$ con una incertidumbre de $1,65 \text{ m/s}^2$ siguiendo el código de ensayo ISO 8662. Como en la declaración de vibraciones no se incluye la incertidumbre, se puede estimar según lo indicado en la tabla 1.

Con esta información, se procedería de la siguiente manera:

1º Consultar la tabla 2 del documento elaborado por el INSST, correspondiente a las máquinas neumáticas e hidráulicas, y localizar el pisón (véase la tabla 2).

2º Dado que se adquirió en el 2000 y su código de ensayo es EN ISO 8662-9 de 1996, le corresponde un factor de corrección de 1,5.

Máquina	Código de ensayo de vibraciones	Condiciones de trabajo del código de ensayo	Categoría del código de ensayo	Tarea real considerada	Comentarios y restricciones cuando se emplean valores declarados para una estimación aproximada de exposición
Pisón, compactador de mástil	EN ISO 8662-9:1996	Apisonando sobre una superficie de espuma	2, B, I	Apisonando	Multiplicar por un factor de 1,5
	EN ISO 28927-6:2009			Apisonando	El valor en el uso real será probablemente igual

Tabla 2. Extracto de la tabla 2 del documento *Requisitos de evaluación de la exposición a las vibraciones mano-brazo mediante estimación a partir de los datos declarados en el manual de instrucciones.*

3º Comprobar que la tarea que hay que evaluar (apisonando) concuerda con la columna tarea real considerada de la tabla.

4º Aplicar el factor de corrección de la tabla a la información proporcionada por la empresa fabricante:

Valor declarado = aceleración promedio + incertidumbre = $5,5 + 1,65 = 7,15 \text{ m/s}^2$.

Aceleración continua equivalente = valor declarado \times factor de corrección = $7,15 \times 1,5 = 10,73 \text{ m/s}^2$.

5º Promediar la aceleración continua equivalente a 8 horas, en función del tiempo de exposición, como se describe en el apéndice 4. El resultado es el valor que se debe comparar con los criterios de referencia del artículo 3 del real decreto.

Normalmente los códigos de ensayo contemplan condiciones muy específicas, por lo tanto, en el caso de cuerpo entero, puede ser poco representativo utilizar los datos del manual de instrucciones para estimar la exposición.

c) La máquina deberá estar en buenas condiciones, es decir, su funcionamiento deberá ser correcto y su mantenimiento deberá llevarse a cabo siguiendo las indicaciones de la empresa fabricante.

Con el uso de la máquina, las piezas que la componen sufren desgaste que puede evitarse con un correcto mantenimiento. Un mantenimiento inadecuado o un mal funcionamiento de la máquina puede suponer importantes variaciones en las emisiones de vibraciones, lo que haría que la información proporcionada por la empresa fabricante y utilizada en la evaluación no fuera válida.

d) Las herramientas insertadas y los accesorios deberán ser iguales a aquellos utilizados durante la determinación de los valores de emisión.

Es posible que en la información proporcionada se ofrezcan diversos valores de emisión en función del accesorio o herramienta insertada, ya que estos afectan de forma notable a la emisión de vibraciones.

Hay que tener en cuenta que al igual que la máquina, los accesorios o herramientas deben mantenerse en buenas condiciones y deberían utilizarse los recomendados por la empresa fabricante.

2. Basevibra. estimación a partir de los datos de vibraciones de bases de datos.

Otra forma de realizar la evaluación por estimación es recurrir a las bases de datos para decidir si es probable que se superen los criterios de referencia.

El INSST tiene disponible una base de datos para la evaluación del riesgo por exposición a vibraciones mecánicas, denominada Basevibra. Los datos contenidos en esta base de datos provienen de estudios reali-

zados por el INSST, por los órganos técnicos en materia preventiva de las Comunidades Autónomas y empresas privadas.

Esta base de datos permite estimar la aceleración continua equivalente, tanto de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo como de las transmitidas al cuerpo entero, a partir de los valores de exposición. También proporciona el valor de emisión, para aquellas máquinas que tuvieran la información disponible.

Los valores de Basevibra solo podrán utilizarse en el caso de que, como se ha mencionado anteriormente, las condiciones de trabajo reales sean similares a las especificadas en las fichas que acompañan a las máquinas.

Su manejo consiste en:

- 1º Indicar el tipo de vibración: mano-brazo o cuerpo entero.
- 2º Buscar el tipo de máquina, teniendo la posibilidad de buscar por sinónimos.
- 3º Del listado mostrado, seleccionar la marca y el modelo adecuados.

La ficha de detalles de la máquina seleccionada muestra las condiciones de trabajo de la actividad realizada, la aceleración en cada eje y la aceleración continua equivalente. Cuando se trate de vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, hace distinción, en algunos casos, entre mano preferente y mano guía. En este caso, se debe escoger la opción más desfavorable.

Esta información esta completada con datos adicionales, como pueden ser: el año de fabricación, el valor de emisión con su código de ensayo, la potencia, la fuente de alimentación, etc.

Basevibra permite acceder a un calculador para determinar el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas, conociendo previamente, el tiempo de exposición.

Al igual que para el caso de obtener la información del manual de instrucciones, para poder recurrir al procedimiento de estimación de la exposición empleando la información de Basevibra, se tienen que cumplir las condiciones citadas en el anterior apartado: las condiciones de uso real serán iguales o similares a las condiciones informadas, el correcto mantenimiento y funcionamiento de la máquina, así como el empleo de herramientas y accesorios iguales a los señalados en la base de datos.

Para hacer un uso correcto de la base de datos, será necesario conocer como mínimo:

- la marca,
- el modelo,
- la tarea que se va a realizar y en qué condiciones.

Cuando se recurre a Basevibra, cabe la posibilidad de encontrar valores de emisión, valores de exposición o ambos. En el caso de que el valor sea de exposición, se procederá a calcular el A(8), según lo indicado en el apéndice 4, ya que los valores de exposición a vibraciones son resultados de mediciones en situaciones reales de trabajo. En el caso de utilizar valores de emisión, se procederá de acuerdo con lo indicado en el punto 1 de este apéndice, previo al cálculo del A(8).

Para más información sobre el manejo de esta base de datos, se puede consultar el manual de uso de la aplicación "Exposición a vibraciones" ubicado en la sección "Sobre la aplicación".

B) Determinación de la aceleración continua equivalente por medición

Esta parte del apéndice tiene por objeto la determinación de la aceleración continua equivalente por medición, proporcionando una metodología acorde con los criterios contemplados en el Real Decreto 1311/2005 y las normas técnicas referenciadas en su anexo.

Estas normas son:

- Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, la norma UNE-EN ISO 5349, partes 1 y 2.
- Para vibraciones del cuerpo entero, la norma UNE ISO 2631, parte 1.

El resultado de la medición es la aceleración continua equivalente, es decir la suma cuadrática de las aceleraciones eficaces para cada frecuencia. La mayoría de los instrumentos de medición muestran los resultados con su ponderación frecuencial, por lo que el personal técnico no tendría que realizar este cálculo.

1. Instrumentación de medición.

No existe una legislación específica que regule los requisitos que debe cumplir la instrumentación de medición de vibraciones. Sin embargo, la norma UNE-EN ISO 8041, partes 1 y 2, establece una serie de criterios técnicos que permiten acreditar los resultados obtenidos de los instrumentos de medición de las vibraciones mecánicas. Esta norma es ampliamente utilizada y reconocida internacionalmente.

- La parte 1 se refiere a las condiciones que deben cumplir los instrumentos de medida de vibraciones para un uso general.
- La parte 2 hace referencia a las condiciones que deben reunir los instrumentos de medida destinados específicamente a la determinación de la exposición de las personas a las vibraciones.

Los instrumentos de medida de vibraciones, diseñados conforme a los criterios de esta norma, se pueden aplicar para la medición de:

- Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo según la norma UNE-EN ISO 5349-1.
- Vibraciones transmitidas al cuerpo entero según la norma UNE ISO 2631-1.
- Vibraciones transmitidas al cuerpo entero de baja frecuencia (0,1 a 0,5 Hz) según la norma UNE ISO 2631-1.

En el cuerpo de la norma se establecen 3 niveles de ensayo y calibración en función de la fase en la que se encuentran los instrumentos de medida: la evaluación del patrón o validación, que es responsabilidad de la empresa fabricante; la calibración periódica y tras una modificación o reparación de la instrumentación, cuya responsabilidad recae sobre la empresa usuaria; y las comprobaciones in situ, de las que se encarga la empresa usuaria antes y después de cada serie de mediciones.

El esquema básico de un instrumento de medición de vibraciones mecánicas consiste en:

- El acelerómetro o transductor, que convierte en señales eléctricas las variaciones de la aceleración motivadas por el contacto con una superficie vibratoria.
- La unidad de procesamiento de la señal eléctrica. Su función es la de reflejar la respuesta del cuerpo humano al estímulo vibratorio. Para ello, utiliza diferentes curvas de ponderación frecuencial en función de la parte del cuerpo humano que entra en contacto con las superficies vibrantes.
- La unidad de visualización, registro y almacenamiento de los resultados.

Los acelerómetros.

El acelerómetro es un elemento capaz de detectar la vibración y transformar su energía en una corriente eléctrica. Para ello utiliza, generalmente, el efecto piezoeléctrico.

La aceleración es una magnitud vectorial y, por tanto, se debe conocer las tres componentes ortogonales x, y, z, que definen el valor y la dirección de aquella en el espacio.

Hay acelerómetros mono-axiales, es decir, capaces de medir la aceleración en un solo eje, y triaxiales, que permiten medir el mismo fenómeno simultáneamente en los tres ejes y por ello son preferibles.

Ejes de los acelerómetros.

En el apéndice 1 se definían los ejes basicéntricos del sistema mano-brazo y del cuerpo entero (figuras 1a y

1b, respectivamente). Los acelerómetros triaxiales recogen las aceleraciones en los 3 ejes según vienen señalados en el equipo (figuras 2a y 2b).

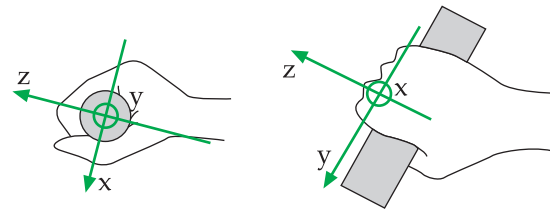


Figura 1a. Ejes basicéntricos vibraciones mano-brazo.

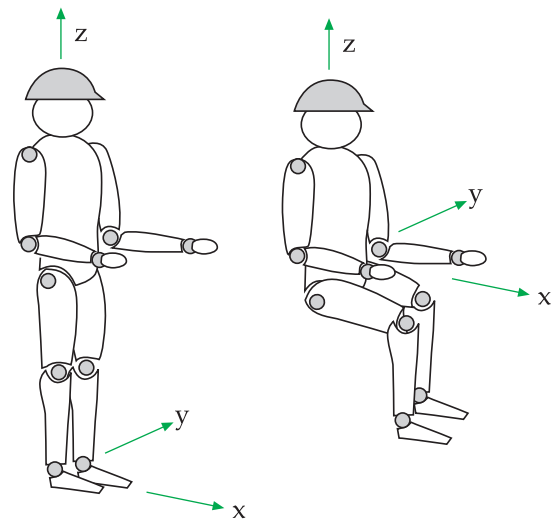


Figura 1b. Ejes basicéntricos vibraciones cuerpo entero.



Figura 2a. Acelerómetros para vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.



Figura 2b. Acelerómetros para vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

En el caso de las mediciones de las vibraciones mano-brazo, es conveniente que, al colocar el acelerómetro en la zona de agarre de la máquina, por ejemplo, sobre

la empuñadura, manillar, palanca, etc., los ejes del acelerómetro coincidan con los basicéntricos. Si no fuera posible, se debe anotar en la hoja de campo utilizada durante la medición la correspondencia entre el eje de medida y el eje basicéntrico.

Para las vibraciones de cuerpo entero, también se deben disponer los ejes del acelerómetro de forma que coincidan con los basicéntricos. En el caso de mediciones en la base del asiento, el eje z del acelerómetro es la perpendicular a la base del asiento, coincidiendo con el eje vertical basicéntrico. La superficie de la base del asiento coincide con el plano xy del acelerómetro.

Adaptadores.

Los adaptadores para la medición de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo son accesorios en los que se fijan los acelerómetros y son sujetados por la mano de la persona que utiliza la herramienta. El adaptador debe tener una curvatura que se ajuste a la geometría de la empuñadura de la herramienta o de la superficie sobre la que se va a apoyar. Asimismo, debe estar provisto de resaltes que impidan el contacto de cualquier parte de la mano con el acelerómetro (figura 3a).



Figura 3a. Adaptadores de acelerómetro para vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.



Figura 3b. Conjunto acelerómetro insertado en adaptador.

En la figura 3b se muestra un conjunto de acelerómetro insertado en el adaptador que, además, cuenta con un sensor de fuerza. Este sistema tiene dos ventajas:

- Su disposición geométrica para el agarre de la mano propicia que los ejes basicéntricos coincidan con los del acelerómetro.

- Proporciona la medición de la fuerza de acoplamiento.



Figura 4a – Adaptador de acelerómetro para vibración de cuerpo entero.



Figura 4b – Interior de adaptador del acelerómetro.

En la figura 4a se muestra el adaptador para las mediciones de las vibraciones transmitidas al cuerpo entero. Consiste en un disco semirrígido, en cuyo interior se ubica un acelerómetro triaxial orientado conforme a los ejes ortogonales indicados en el exterior del adaptador (figura 4b). El equipo de medición se proporciona con el acelerómetro ya montado, de forma que la empresa usuaria no tiene que abrir el adaptador para ningún propósito. Para su calibración periódica hay que enviar el conjunto sin desmontar los diferentes elementos.

Fijación y colocación.

Para medir las vibraciones del sistema mano-brazo se pueden usar fijadores para el acelerómetro o para los adaptadores. Su objetivo es fijar el acelerómetro sólidamente en la superficie de la máquina. Para ello existen unos clips, como los de la figura 5a, que, a su vez, se adhieren a la máquina mediante unas bridas de plástico o bien usando un material adherente (figura 5b).

La ubicación de los acelerómetros debe ser próxima a la zona de agarre o de apoyo de la mano, pero, por un lado, sin que interfiera en la operación de la máquina

y, por otro lado, sin que haya contacto directo entre la mano y el acelerómetro para evitar distorsiones en la medida.



Figura 5a. Clip.



Figura 5b. Brida.

En las figuras 6a y 6b se muestra un ejemplo de ubicación y fijación del acelerómetro y del adaptador mediante bridas al manillar de un cortacésped. Obsérvese que se interfiere lo mínimo posible en el trabajo y se evita el contacto directo de la mano con el acelerómetro.



Figura 6a - Fijación de acelerómetros.

En el caso de la colocación de los acelerómetros para la medición de las vibraciones de cuerpo entero en posición sentado, se debe colocar el disco semirrígido sobre el asiento, el respaldo o en los pies. Es importante fijar solidariamente el conjunto acelerómetro-adaptador al asiento o respaldo mediante un cinturón para evitar el desplazamiento de los ejes.



Figura 6b - acelerómetros para vibración transmitida al sistema mano-brazo.

Cuando se realicen mediciones en posición de pie, el acelerómetro debe situarse en la zona en la que se apoya el pie con mayor frecuencia, fijándolo al suelo con cinta adhesiva.

Conexión de los acelerómetros con la unidad de adquisición de datos o sección de procesamiento.

Actualmente se utilizan cables triples con las señales de cada uno de los ejes ortogonales. Es importante que el cable permanezca conectado al acelerómetro, no entorpezca la operación de la máquina y que no sufra tirones ni torsiones que puedan alterar las mediciones.

Unidad de procesamiento de la señal eléctrica.

La señal enviada por el acelerómetro es procesada por el vibrómetro, que permite obtener un valor de la aceleración eficaz ponderado en frecuencia durante un periodo de medida.

Tipos de vibrómetros.

Existen algunos vibrómetros con solo tres canales, uno por cada eje, que solo permiten la medición de la vibración en una mano durante cada muestreo. Sin embargo, aquellos que cuentan con seis canales posibilitan la medición simultánea de ambas manos (figura 7).



Figura 7. Tipos de vibrómetros.

Hay instrumentos de medida que disponen de analizador de frecuencias, lo que permite identificar las frecuencias dominantes y diseñar de forma más efectiva las medidas de control. Esta prestación es importante, aunque el real decreto no lo requiera específicamente.

Un análisis de frecuencia de una vibración consiste en la descomposición de esta en sus componentes frecuenciales.

Este análisis se suele realizar hasta 1400 Hz, que son las que principalmente presentan efectos para la salud, pero no se realiza por frecuencias individuales sino por grupos de tercio de octava. Las octavas que se utilizan son una clasificación de frecuencias originarias de la acústica, y se caracterizan porque el límite superior de cada grupo es el doble que el inferior. En las tablas 3a y 3b se observan las bandas de octava normalizadas con su frecuencia central y el rango de frecuencias de cada banda para las vibraciones mano-brazo y cuerpo entero, respectivamente³.

Bandas de octava			
	Frec. inferior	Frec. central	Frec. superior
vibraciones mano-brazo	5,6 Hz	8 Hz	11,1 Hz
	11,1 Hz	16 Hz	22,1 Hz
	22,1 Hz	31,5 Hz	44,2 Hz
	44,2 Hz	62,5 Hz	88,39 Hz
	88,39 Hz	125 Hz	176,8 Hz
	176,8 Hz	250 Hz	353,6 Hz
	353,6 Hz	500 Hz	707,2 Hz
	707,2 Hz	1000 Hz	1414,4 Hz

Tabla 3a. Bandas de octava para vibraciones mano-brazo.

Las medidas realizadas con analizadores de frecuencias se llevan a cabo en tercios de octava, debido a que las curvas de ponderación vienen definidas para estos intervalos. No obstante, por simplicidad a la hora de elaborar los informes es preferible presentar los resultados en bandas de octava. A modo de ejemplo, se desglosa en la tabla 4 la banda de octava de frecuencia central 1000 hercios en sus correspondientes tercios de octava⁴.

Bandas de octava			
	Frec. inferior	Frec. central	Frec. superior
vibraciones cuerpo entero	0,085 Hz	0,12 Hz	0,17 Hz
	0,17 Hz	0,25 Hz	0,35 Hz
	0,35 Hz	0,5 Hz	0,7 Hz
	0,7 Hz	1 Hz	1,4 Hz
	1,4 Hz	2 Hz	2,8 Hz
	2,8 Hz	4 Hz	5,6 Hz
	5,6 Hz	8 Hz	11,2 Hz
	11,2 Hz	16 Hz	22,4 Hz

Tabla 3b. Bandas de octava para vibraciones cuerpo entero.

Frec. inferior	Frec. central	Frec. superior
707,2 Hz	1000 Hz	1414,4 Hz

f_i	f_c	f_s
707,2	793,8	891
891	1000	1122,6
1122,6	1250	1414,4

Tabla 4. Bandas de tercio de octava para la frecuencia central de 1000 Hz.

2. Curvas de ponderación frecuencial.

Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

Se utiliza la ponderación en frecuencia W_{Hv} , que asigna distintos coeficientes para cada intervalo de frecuencia desde 5,6 a 1414,4 Hz. Dichos coeficientes serán mayores para aquellas frecuencias que son más dañinas para la salud, porque coinciden con las frecuencias naturales de los tejidos de los dedos, mano, antebrazo, codo y brazo (figura 8).

En la norma UNE-EN ISO 5349-1, los coeficientes se establecen para las frecuencias centrales de los tercios de bandas de octava. No obstante, para analizar la distribución frecuencial de la vibración, se hace referencia a las bandas de octava, ya que la información resulta más fácil de manejar.

³ Las bandas de octava se obtienen para una frecuencia central dada a partir de la resolución de las ecuaciones:

$$f_s = 2 \cdot f_i$$

$$f_c = \sqrt{f_i \cdot f_s}$$

⁴ Las bandas de tercio de octava se obtienen a partir de la resolución de las ecuaciones:

$$f_s = \sqrt[3]{2} \cdot f_i$$

$$f_c = \sqrt{f_i \cdot f_s}$$

La aceleración eficaz ponderada en frecuencia, a_{hw} o lo que es mismo, la aceleración continua equivalente puede calcularse según la ecuación 1.

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2} \quad (1)$$

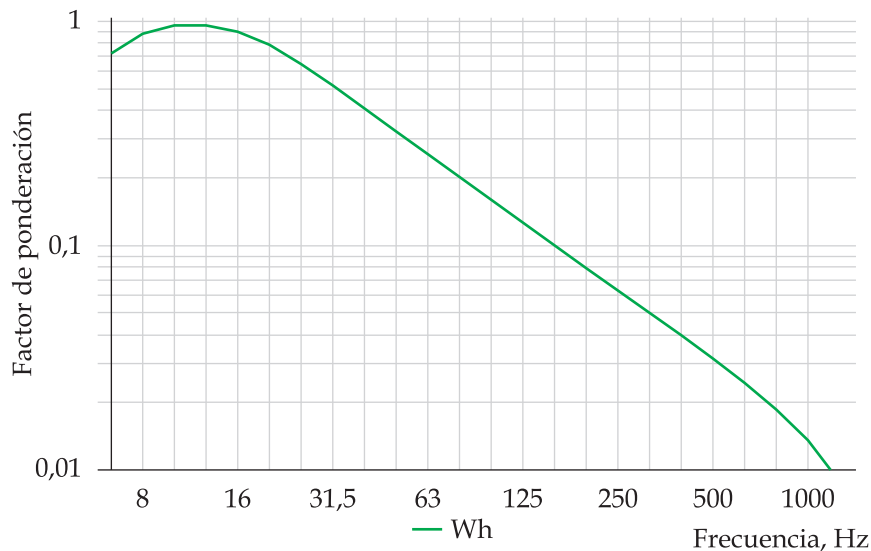


Figura 8. Curva de ponderación en frecuencia Wh para las vibraciones transmitidas por la mano.

Vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

Se utilizan distintas curvas de ponderación según el eje, que establecen unos coeficientes para cada tercio de octava, desde 0,4 hasta 100 Hz para la salud.

De esta forma, en cuanto a la evaluación de los efectos para la salud, se usa la curva de ponderación W_k para el eje z y la curva de ponderación W_d para los ejes x e y.

En caso de medirse las vibraciones de cuerpo entero que se transmiten a través del respaldo, es necesario

que el vibrómetro disponga de la curva de ponderación W_c para el eje x basicéntrico (figura 9).

Cálculo de la aceleración continua equivalente.

- Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

Tal y como se establece en el anexo, parte A, del Real Decreto 1311/2005 y conforme a la norma UNE-EN 5349-1, el valor total de la aceleración continua equivalente es el vector suma de las componentes ortogonales de la aceleración eficaz

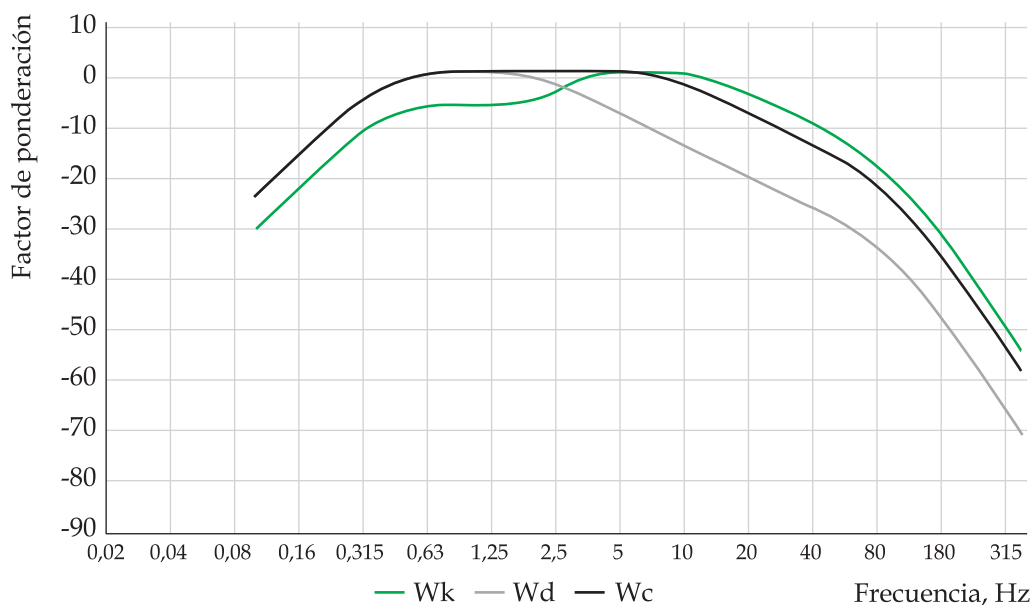


Figura 9. Curvas de ponderación en frecuencia para vibración de cuerpo entero.

ponderadas en frecuencia, a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z} , que se calcula según la ecuación 2.

$$a_{hw} = \sqrt{(a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2)} \quad (2)$$

- Vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

En la parte B del anexo del Real Decreto 1311/2005 y de acuerdo con la norma UNE ISO 2631-1, a la hora de evaluar la exposición a las vibraciones de cuerpo entero no se utiliza el vector suma, sino que se escoge el mayor valor de las tres componentes ortogonales ponderadas en frecuencia y una vez tenidos en cuenta los coeficientes de eje.

Se aplica un coeficiente de 1,4 para los ejes basicéntricos x e y, que definen el plano horizontal en posición sentado y de pie, mientras que, para el eje vertical, z, se utiliza un coeficiente de 1,0. Estos coeficientes penalizan los esfuerzos axiales, que afectan a la columna vertebral, frente a los esfuerzos de tracción y comprensión de los discos intervertebrales. La aceleración continua equivalente para evaluar la exposición se calcula según la ecuación 3.

$$a_w = \max \{1,4 \cdot a_{wx}; 1,4 \cdot a_{wy}; a_{wz}\} \quad (3)$$

En el caso particular de mediciones en el respaldo, el eje z del acelerómetro coincide con el eje x basicéntrico. Se deberá tener en cuenta que, en este caso, la norma recomienda utilizar un coeficiente de $K=0,8$ en lugar de 1,4.

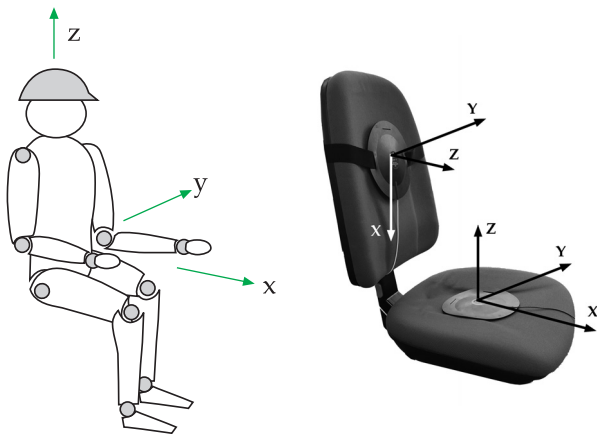


Figura 10. Correspondencia de ejes en mediciones sobre respaldo.

Visualización de datos en pantalla.

El tercer elemento de la instrumentación de medida es la unidad de visualización, registro y almacenamiento de los datos después de haber procesado los resultados de las mediciones.

Los parámetros específicos que se visualizan en las pantallas de los vibrómetros dependen del modelo de que se trate, pero como mínimo deben aportar la siguiente información:

- Para mano-brazo.
 - La aceleración eficaz ponderada en frecuencia por eje: a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z} .
 - El valor total de la aceleración continua equivalente: a_{hw} .
- Para cuerpo entero.
 - La aceleración eficaz ponderada en frecuencia por eje: a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} .

Adicionalmente, los vibrómetros pueden visualizar en pantalla la siguiente información de interés: los valores de pico de la aceleración ponderada en frecuencia por eje, su distribución frecuencial en tiempo real y, para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, el factor cresta, MTVV y VDV, cuya utilidad se describe en el apéndice 4.

3. Procedimiento para la medición de la exposición a las vibraciones.

Una vez analizado el puesto de trabajo como primera etapa del proceso de evaluación del riesgo derivado de la exposición a las vibraciones mecánicas y determinadas las operaciones que van a ser objeto de medición (véase el apéndice 4), se llevarán a cabo las actuaciones que se describen a continuación:

Comprobación de sensibilidad antes y después de cada medición o serie de mediciones.

Para las vibraciones de mano-brazo, es necesario realizar una comprobación in situ antes y después de cada medición o serie de mediciones de los acelerómetros. Se realiza colocando el acelerómetro sobre el excitador para comprobar, sucesivamente, cada uno de los 3 ejes. Para fijar el acelerómetro sobre la superficie del excitador se suele utilizar cera de abeja o bien tornillos si el acelerómetro está insertado directamente en un adaptador (figura 11).



Figura 11. Comprobación in situ mediante excitador.

En el caso de los acelerómetros para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, se debe consultar a la empresa fabricante o distribuidora de los instrumentos de medición sobre el procedimiento de comprobación, ya que no suele ser recomendable desmontar los acelerómetros del disco semirrígido en el que van insertados.

Duración y número de mediciones.

Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

En la práctica se realiza la medición de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo con muestreos de corta duración, siempre y cuando sean representativas de la exposición real. El muestreo debe incluir al menos tres mediciones con una duración total de un minuto como mínimo, es decir, por ejemplo, tres mediciones con una duración de 20 segundos.

Se debe tener en cuenta que las mediciones de corta duración de tiempo inferior a 8 segundos no son fiables y deben evitarse. Por ello, en estos casos y cuando el funcionamiento normal de la herramienta no contemple una sucesión ininterrumpida de ciclos, por ejemplo, realizar un taladro en madera, se permite utilizar procedimientos de trabajo simulados para cumplir los requisitos del proceso de medición antes mencionados. El objetivo de la simulación, forzando la sucesión continuada de ciclos de trabajo, es conseguir medidas durante periodos más largos que la duración de la operación del funcionamiento normal.

Por ejemplo, en el caso de la utilización de llaves de impacto para la fijación de tornillos (bulones) en las ruedas de automóviles, se realizan mediciones de duración fija, que incluye un número conocido de tornillos. El tiempo de exposición se puede calcular mediante el producto de la duración de cada fijación del tornillo por el número de tornillos que se fijan por día. La duración de cada fijación se obtiene a partir del cociente entre la duración de la medida y el número de tornillos fijados durante el muestreo.

Una vez realizados los 3 o más muestreos, se calcula la aceleración continua equivalente de una serie de N muestras, según la ecuación 4:

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{hwj}^2 t_j} \quad (4)$$

Donde

- a_{hw} es la aceleración continua equivalente.
- a_{hwj} es la aceleración continua equivalente medida para la muestra j.
- t_j es la duración de la medición de la muestra j.
- T es la suma de las duraciones de cada muestra.

Sería recomendable, si fuera posible, medir a diferentes horas del día y promediarlas para obtener una medida

representativa de las condiciones reales de exposición.

Vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

El número de muestras y su duración dependen de las características de la operación. En operaciones largas ininterrumpidas, se recomienda realizar mediciones de al menos 3 minutos de duración cada una. El número de mediciones debería ser como mínimo de 3, siempre que la dispersión de los valores obtenidos sea baja. El valor de la aceleración continua equivalente por cada eje se calcula como el promedio ponderado en el tiempo de los resultados obtenidos en las N mediciones, tal como se muestra en la ecuación 5.

$$a_{wx} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{wxj}^2 t_j} \quad a_{wy} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{wyj}^2 t_j} \quad (5)$$

$$a_{wz} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{wzj}^2 t_j}$$

donde

- a_{wxj} , a_{wyj} y a_{wzj} es la aceleración continua equivalente medida para la muestra j que corresponde a los ejes x, y, z, según la curva de ponderación.
- t_j es la duración de la medición de la muestra j.
- T es la suma de las duraciones de cada muestra.

Este cálculo se realiza por separado para cada uno de los tres ejes de medida, dado que conforme a la norma UNE ISO 2631-1, la evaluación de la vibración debe realizarse con respecto a la aceleración continua equivalente más alta de entre los tres ejes.

En el caso de operaciones de corta duración que se repiten cíclicamente a lo largo de la jornada, como, por ejemplo, el uso de una carretilla para la alimentación de líneas de producción semiautomáticas, cada medida se hará sobre un número entero de ciclos, que cubra al menos 3 minutos.

Si las operaciones de corta duración (menor de 3 minutos) no son cíclicas, se deberá forzar su duración para completar las mediciones, de al menos 3 minutos, organizando operaciones simuladas si fuera necesario.

Informe de resultados

Es recomendable utilizar un modelo de informe de resultados que permita:

- La identificación de la máquina, de la herramienta insertada y de la operación que se está midiendo.
- Las condiciones de medición, es decir, ubicación de acelerómetros, equivalencia entre los ejes del acele-

rómetro y los ejes basicéntricos, y la duración de cada medición.

- Los resultados de todas las mediciones, así como cualquier evento que haya acontecido durante las mediciones.

En la tabla 5 se muestra un ejemplo de ficha de resultados de mediciones de vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, en el que se realizan 4 mediciones de alrededor de 30 segundos cada una, cubriendo los mínimos referidos anteriormente. Así mismo, en la tabla 6 se muestra un ejemplo de ficha de resultados de mediciones de vibraciones transmitidas al cuerpo entero. En este caso se realizan 5 mediciones de una duración de 15 minutos por muestra

Cuanto más mediciones se hagan y mayor sea su duración, menor será la desviación típica de los resultados y, por tanto, la incertidumbre debida a las variaciones en el trabajo diario, es decir, aquella causada por las fluctuaciones propias de las tareas.

Las normas técnicas recomiendan que en el informe de resultados se incluya una evaluación de la incertidumbre asociada a las mediciones. Dado que no incluyen un método de cálculo, se puede recurrir a la práctica general de la estadística aplicada, basada en la desviación típica.

La desviación típica s_{n-1} depende de la dispersión de los valores medidos, de forma que cuanto más se ale-

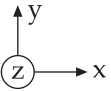
$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [X_i - \bar{X}]^2} \quad (6)$$

jen los valores de la media, mayor será aquella, que se calcula según la ecuación 6.

donde,

- n es el número de mediciones.
- X_i son los valores obtenidos.
- \bar{X} es la media aritmética de los valores.

CÓDIGO DEL ARCHIVO INFORMÁTICO:					FECHA: 14/06/2022	
IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA						
CÓD MÁQ	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MNTO, PRIÓDICO	
11	Sopladora	STIHL	BR 430		SÍ	NO
Observaciones / estado de la máquina / fotos: El motor de la sopladora va colgado en modo mochila a la espalda. La máquina se encuentra en perfecto estado de mantenimiento.						

TAREA EN ESTUDIO			Soplando							
MATERIAL UTILIZADO			Soplando hojas y pequeñas piedras							
HERRAMIENTA O ÚTIL EMPLEADO										
VELOCIDAD DE TRABAJO			Velocidad máxima. Acelera y desacelera según necesidad de la tarea							
IDENTIFICACIÓN DE ACELERÓMETROS			MANO PREFERENTE: Vibrómetro				MANO GUÍA:			
										
MUESTREO			RESULTADOS MANO PREFERENTE (m/s ²)				RESULTADOS MANO GUÍA (m/s ²)			
CÓDIGO MUESTRA	ENSAYO	T _{muestreo}	a _x	a _y	a _z	a _{hw}	a _x	a _y	a _z	a _{hw}
m.3.13	1	00:00:29	1,1	0,9	0,8	1,6				
m.3.14	2	00:00:31	1,0	1,1	0,8	1,6				
m.3.15	3	00:00:34	1,0	1,1	0,9	1,7				
m.3.16	4	00:00:31	0,9	1,0	1,0	1,7				
Media ejes acelerómetros			1,0	1,0	0,9	1,7				
Ejes basicéntricos			1,0	1,0	0,9	1,7				
Promedio a _{hw}	Desviación S _{n-1}		1,7			0,05				
Tiempo Acción y límite (h:min)			T _A = 17:18			T _L = 24:00				
Frecuencias dominantes										

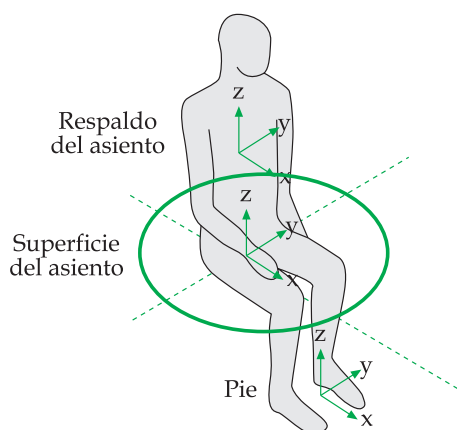
Observaciones / postura de trabajo / fotos



Tabla 5. Ficha de resultados de mediciones de vibraciones mano-brazo.

CÓDIGO DEL ARCHIVO INFORMÁTICO:					FECHA: 13/05/2024	
IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA						
CÓD MÁQ	MÁQUINA	MARCA	MODELO	VALOR DECLARADO	MNTO, PRIÓDICO	
45	Carretilla elevadora	POLLUX	CAR 25		SÍ	NO
Observaciones / estado de la máquina / fotos: La máquina se encuentra en buen estado de mantenimiento. Dispone de asiento amortiguado y con buenos apoyos laterales. El suelo de la nave es liso y está en buenas condiciones.						

TAREA EN ESTUDIO	Movimiento de palé con carga de 16 sacos de 30 Kg (960 kg en total) en interior de nave industrial
MATERIAL UTILIZADO	Suelo liso en buen estado
PERSONA TRABAJADORA	Buenas prácticas de trabajo en uso seguro de carretillas. Formado y 7 años de experiencia
VELOCIDAD DE TRABAJO	Velocidad Adecuada
IDENTIFICACIÓN DE ACELERÓMETROS	



MUESTREO			RESULTADOS DE LAS MEDICIONES EN LA BASE DEL ASIENTO (m/s ²)			
CÓDIGO MUESTRA	ENSAYO	TMUESTREO	$1,4 \cdot a_x$	$1,4 \cdot a_y$	$1 \cdot a_z$	a_w
m.1.1	1	00:14:55	0,35	0,38	0,56	0,56
m.1.2	2	00:15:07	0,32	0,35	0,52	0,52
m.1.3	3	00:15:00	0,37	0,40	0,51	0,51
m.1.4	4	00:14:58	0,43	0,42	0,58	0,58
m.1.5	5	00:15:07	0,40	0,41	0,57	0,57
Media ejes acelerómetros			0,37	0,39	0,55	0,55
Promedio a_{lv}	Desviación S_{n-1}		0,55	0,03		
Tiempo Acción y límite (h:min)			TA = 6:36	TL = 24:00		
Frecuencias dominantes						

Observaciones / postura de trabajo / fotos

Tabla 6. Ficha de resultados de mediciones de vibraciones de cuerpo entero.

Principales fuentes de error en las mediciones.

A continuación, se describen las fuentes de error que habitualmente se pueden encontrar el personal técnico de prevención durante las mediciones, que deben evitarse:

Problemas en las conexiones.

Los fallos en las conexiones entre el acelerómetro y el cable pueden provocar pérdidas de señal, dando lugar a una alteración del resultado de la medición. Se debe comprobar que las conexiones del cable sean seguras y que el cable no esté dañado, así como prestar especial atención en no someter los puntos de conexión a tensiones indebidas.

Efecto triboeléctrico.

Con frecuencia, se induce ruido triboeléctrico en el cable del acelerómetro por movimiento del propio cable. Se debe a los cambios locales en la capacidad y

la carga que se producen como resultado de la flexión, la compresión y la tensión dinámicas de las distintas capas que forman el cable. Este problema se evita fijando los cables de transmisión de la señal a la superficie que vibra, cerca del acelerómetro, por ejemplo, empleando una brida, cinta adhesiva o velcro.

Pérdida de contacto con el acelerómetro.

Puede ocurrir que la persona trabajadora deje el asiento (por ejemplo, cuando se baja del vehículo) y después vuelva a ocuparlo. En estos casos el acelerómetro registrará grandes picos de la aceleración coincidiendo con los momentos de abandonar o regresar al asiento, eventos que es importante anotar para descartarlos. La mayoría de los equipos tiene un software que permite desechar estos eventos. Un control a posteriori del histórico de la aceleración continua equivalente en el tiempo puede ayudar a identificar dichas situaciones.

APÉNDICE 4. EVALUACIÓN DE RIESGOS. MÉTODO DEL VALOR CUADRÁTICO MEDIO Y MÉTODOS COMPLEMENTARIOS

En este apéndice se describe el procedimiento básico de evaluación de la exposición a vibraciones en un puesto de trabajo utilizando el método del valor cuadrático medio, $A(8)$, a partir de los datos de aceleración estimados o medidos según los procedimientos descritos en el apéndice 3. Así mismo, se detallan los métodos complementarios para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero introducidos por la norma UNE ISO 2631-1: valor móvil cuadrático medio y valor de la dosis a la cuarta potencia.

1. Método del valor cuadrático medio, $A(8)$

El artículo 4 del Real Decreto 1311/2005 establece la obligación de las empresas de evaluar el riesgo derivado de la exposición a las vibraciones. La evaluación se basa en la cuantificación del riesgo mediante la determinación de la aceleración diaria equivalente, $A(8)$, que se calcula a partir de dos variables:

- La aceleración continua equivalente, que describe cómo de intensa es la exposición.
- El tiempo durante el que la persona trabajadora está expuesta a ese nivel de vibración.

1.1. Etapas para el cálculo del $A(8)$

El procedimiento general de evaluación de la exposición a las vibraciones mecánicas por el uso de una máquina podría resumirse en los siguientes pasos:

- 1º Analizar el puesto de trabajo.
- 2º Determinar el tiempo de exposición a partir del trabajo de campo.
- 3º Determinar la aceleración continua equivalente.
- 4º Calcular la aceleración diaria equivalente $A(8)$, siguiendo el método del valor cuadrático medio.
- 5º Interpretar los resultados de la exposición.

Analizar el puesto de trabajo.

Previo al análisis del puesto de trabajo, es recomendable identificar si existe o no un posible riesgo de exposición a las vibraciones. En la tabla 1 se transcriben las preguntas indicadoras de la existencia de un riesgo de exposición a vibraciones transmitidas al sistema mano brazo y al cuerpo entero extraídas de la Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE de la Comisión Europea. En caso de responder afirmativamente a cualquiera de ellas se debe determinar el valor de $A(8)$. A continuación, se deberá:

- Describir las actividades o tareas que se desarrollan.
- Identificar qué máquinas se utilizan durante la jornada para realizar cada actividad o tarea.
- Analizar el procedimiento de trabajo que se sigue para realizarlas y las condiciones de trabajo, incluyendo el tiempo de exposición efectiva a las vibraciones.

Determinar el tiempo de exposición a partir del trabajo de campo.

Para determinar el parámetro $A(8)$ debe conocerse el tiempo durante el que diariamente la persona trabajadora está expuesta a las vibraciones. En el caso de que realice diferentes tareas en las que se dé esta circunstancia, deberá conocerse el tiempo de exposición correspondiente a cada una de ellas. Si dichas tareas se realizan de forma cíclica, se podrá determinar el tiempo del ciclo de trabajo y el número de veces que este se realiza en cada jornada laboral.

El tiempo de exposición es la duración total en la que la mano o el cuerpo está en contacto efectivo con la superficie vibratoria, por ejemplo, la empuñadura de una herramienta portátil o el asiento de un vehículo de obras públicas. Habitualmente se confunde el tiempo de exposición con el tiempo de utilización de la herra-

Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo	Vibraciones transmitidas al cuerpo entero
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Utiliza herramientas rotativas, como amoladoras o pulidoras? • ¿Utiliza herramientas percutoras o de impacto? • ¿Advierten los manuales de instrucciones de las herramientas de riesgos derivados de las vibraciones mano-brazo? • ¿Producen sus herramientas hormigueo o entumecimiento de las manos durante su uso o después? • ¿Se ha quejado el personal expuesto a este tipo de vibración de algunos síntomas del síndrome de vibración mano-brazo? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Conduce fuera de carreteras? • ¿Conduce o maneja maquinaria que vibra durante largos períodos diarios? • ¿Conduce vehículos no diseñados para circular en carretera? • ¿Conduce por vías en mal estado? • ¿Está expuesto a choques o sacudidas? • ¿Debe adoptar posturas forzadas durante la conducción? • ¿Advierten los manuales de instrucciones de la maquinaria de riesgos derivados de las vibraciones de cuerpo entero? • ¿Notifica el personal expuesto dolores de espalda?

Tabla 1. Preguntas indicadoras de la existencia de un riesgo de exposición a las vibraciones.

mienta portátil o de la máquina móvil, que incluye no solo el tiempo de contacto con la superficie vibratoria, sino la duración total de la tarea que se realiza con dichas máquinas, en las que se alternan períodos de interrupción directamente relacionados con el uso. Este es el dato que más probablemente indique la persona trabajadora, en lugar de la duración efectiva de la exposición, lo que implicaría una sobreestimación del riesgo.

Por ejemplo, si se pregunta al personal de un taller mecánico de automóviles por el tiempo de exposición a vibraciones al usar el atornillador para el montaje de ruedas en los vehículos, es probable que refiera el tiempo total del proceso de montaje. Supóngase que el tiempo de montaje de las 4 ruedas de 5 automóviles es una hora. Sin embargo, el tiempo de exposición de las vibraciones al utilizar el atornillador puede representar el 20 % de la duración total del proceso de montaje de ruedas.

Otra cuestión importante que debe considerarse al determinar el tiempo de exposición es cómo se ha caracterizado dicha operación. Los tiempos que vayan a utilizarse para el cálculo de la exposición diaria a las vibraciones deben corresponderse con los datos de la aceleración obtenidos bajo el mismo régimen de funcionamiento de la máquina, es decir, si la aceleración se obtuvo sin interrupciones, estas no se tendrán en cuenta en el tiempo estimado de exposición. Sin embargo, si la tarea consiste en ciclos con tiempos fijos de carga máxima e interrupciones, y la aceleración ha sido obtenida a partir de ciclos completos en los que se alternan ambas situaciones, el tiempo estimado de exposición corresponderá a la duración total de la tarea, incluyendo las interrupciones.

Determinar la aceleración continua equivalente.

Para determinar la aceleración continua equivalente se puede utilizar alguna de las siguientes alternativas descritas en el apéndice 3:

- Para vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo: estimación a partir de los datos facilitados en el manual de instrucciones. Es necesario comprobar que los valores facilitados se obtuvieron en condiciones similares a las de uso real de la máquina y, en su caso, corregir el valor declarado mediante la aplicación de factores de corrección.
- Para vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo y al cuerpo entero: estimación a partir de los datos de exposición recogidos en la base de datos BaseVibra. Para ello, se requiere dos condiciones:
 - Que el modelo de la máquina utilizada se encuentre registrado en BaseVibra.

- Que las condiciones de uso real de la máquina sean las mismas que aquellas bajo las que se hicieron las mediciones recogidas en BaseVibra.
- Mediciones en el puesto de trabajo que, como se planteó en el apéndice 3, siguen diferentes procedimientos en función de que las vibraciones se transmitan al sistema mano-brazo o al cuerpo entero.

Calcular la aceleración diaria equivalente $A(8)$ por el método del valor cuadrático medio.

Una vez se dispone del valor de la aceleración continua equivalente y del tiempo de exposición, se está en condiciones de determinar el valor de la exposición diaria a vibraciones normalizado para un periodo de 8 horas, $A(8)$.

El periodo de referencia de este valor de exposición diario es de 8 horas porque es el valor que se debe comparar con el valor límite de exposición (VLE) y el valor de exposición que da lugar a una acción, o nivel de acción (NA), establecidos en el artículo 3 del real decreto, que también están promediados a 8 horas.

El valor de $A(8)$ se determina de manera diferente según se trate de vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo o de vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo

Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo el $A(8)$ se calcula utilizando la aceleración continua equivalente, a_{hv} , como vector suma de las componentes ortogonales de la aceleración, a_{hvx} , a_{hvy} y a_{hvwz} , según la ecuación 1, tal como se describe en el apéndice 3.

$$a_{hv} = \sqrt{(a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{hvwz}^2)} \quad (1)$$

En caso de que exista exposición a una única fuente, el valor de $A(8)$ se calcula a partir de la ecuación 2.

donde

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (2)$$

a_{hv} es la aceleración continua equivalente.
 T_0 es 8 h.

Habitualmente, en los puestos de trabajo se suelen utilizar varias máquinas que dan lugar a aceleraciones continuas equivalentes diferentes durante distintos períodos de tiempo. En estos casos con exposición a varias fuentes se determinan los valores parciales de $A(8)$ correspondientes a cada exposición como contribución de cada fuente i al valor global de la exposición, que se calcula por la ecuación 3:

$$A(8) = \sqrt{A_1(8)^2 + A_2(8)^2 + \dots + A_n(8)^2}$$

$$A(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 \frac{T_i}{8h}} \quad (3)$$

donde,

a_{hvi} es la aceleración continua equivalente de la fuente i .

T_i es el tiempo de exposición debido al uso de la fuente i en horas.

El INSST tiene disponible un calculador de la exposición diaria a las vibraciones, $A(8)$, que permite obtener el valor global de la exposición cuando existen varias fuentes a partir de las aceleraciones continuas equivalentes de cada una y sus respectivos tiempos de exposición.

Vibraciones transmitidas al cuerpo entero

A la hora de evaluar la exposición a las vibraciones de cuerpo entero no se utiliza el vector suma, sino que se escoge el mayor valor de las tres componentes ortogonales ponderadas en frecuencia y una vez tenidos en cuenta los coeficientes de eje.

Como se describe en el apéndice 3, se aplica un coeficiente de 1,4 para los ejes basicéntricos x y y , y para el eje vertical, z , se utiliza un coeficiente de 1,0. La aceleración eficaz se calcula según la ecuación 4.

Para una fuente, se toma como valor del parámetro $A(8)$ el mayor de los tres valores de la ecuación 4:

$$A_x(8) = 1,4a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad A_y(8) = 1,4a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_z(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (4)$$

donde,

a_{wx}, a_{wy}, a_{wz} representa el valor de la aceleración continua equivalente, ponderada en frecuencia según los ejes ortogonales x, y, z (tal como se definen en la norma ISO 2631-1 a la que remite el anexo del Real Decreto 1311/2005).

T_{exp} corresponde al tiempo de exposición.
 T_0 es el tiempo de referencia de 8 horas.

Para exposiciones a n fuentes, se calcula el $A_i(8)$ de todas las operaciones por cada eje, x, y, z . Véase ecuación 5. Se toma como valor de la aceleración diaria equivalente, $A(8)$, el mayor de estos tres valores.

El calculador del INSST también se puede utilizar para calcular el $A(8)$ global de las vibraciones transmitidas

al cuerpo entero como combinación de las contribuciones de cada una de las fuentes de vibraciones. A diferencia de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, en este caso, el cálculo y la introducción

$$A_x(8) = \sqrt{A_{x1}(8)^2 + A_{x2}(8)^2 + \dots + A_{xn}(8)^2}$$

$$A_y(8) = \sqrt{A_{y1}(8)^2 + A_{y2}(8)^2 + \dots + A_{yn}(8)^2} \quad (5)$$

$$A_z(8) = \sqrt{A_{z1}(8)^2 + A_{z2}(8)^2 + \dots + A_{zn}(8)^2}$$

de las aceleraciones continuas equivalentes de cada fuente se hace por eje.

Interpretar los resultados de la exposición.

Partiendo de los valores indicados en el artículo 3 del Real Decreto 1311/2005, se pueden establecer tres situaciones en función del resultado de $A(8)$ obtenido:

- $A(8)$ inferior al nivel de acción, NA .
- $A(8)$ entre el NA y el valor límite, VL .
- $A(8)$ superior al valor límite.

Salvo situaciones de especial susceptibilidad de la persona trabajadora, la primera situación indica que el riesgo es aceptable.

La segunda implica la necesidad de responder a la situación adoptando una serie de medidas que vienen indicadas en el artículo 5 del Real Decreto 1311/2005 y que se desarrollan en el apéndice 5 de esta guía.

Finalmente, si el $A(8)$ es superior al valor límite se considerará que la situación es intolerable y se tomarán medidas inmediatas para corregirla y reducir la exposición, determinando las causas de la sobreexposición (artículo 5.3 del Real Decreto 1311/2005).

1.2. Necesidad de medir según el resultado de la estimación

En caso de haber utilizado métodos de estimación en la evaluación del riesgo a la exposición a las vibraciones mecánicas, se debería valorar si se tienen suficientes garantías de no superar los criterios de referencia, ya que la estimación es menos precisa que la medición in situ.

Si el $A(8)$ obtenido está próximo al nivel de acción o al valor límite, hay dos opciones:

- Asumir que el $A(8)$ supera dicho valor de referencia y , en consecuencia, adoptar medidas directamente para reducir la exposición.
- Realizar una evaluación más detallada, midiendo en el puesto de trabajo para determinar con mayor precisión el valor de la exposición.

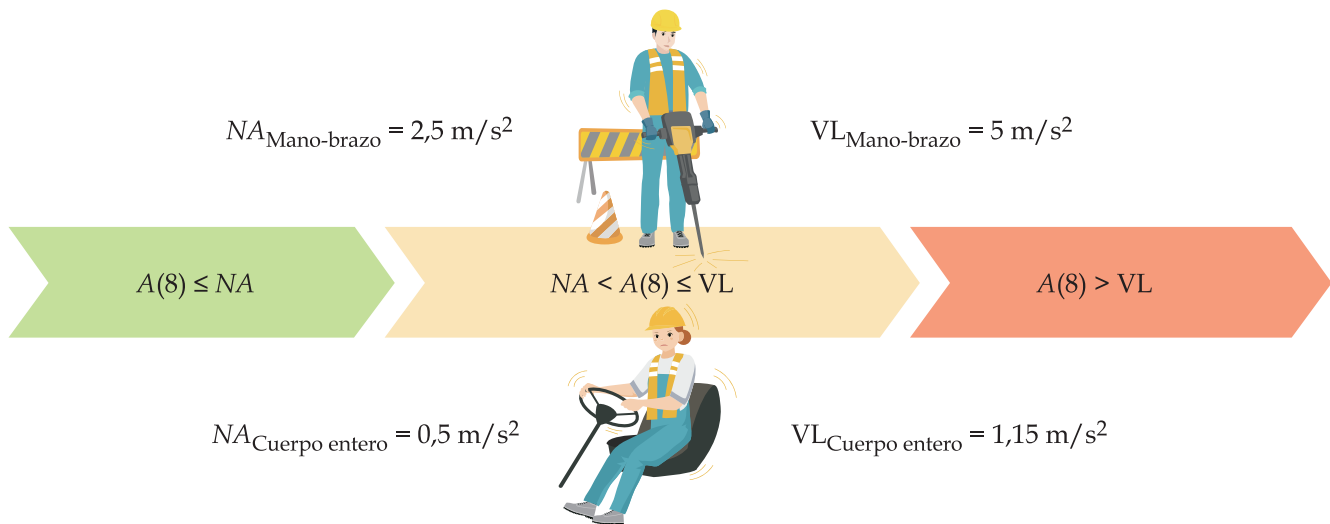


Figura 1. Representación de las tres posibles situaciones tras la evaluación de la exposición del riesgo a las vibraciones.

1.3. Evaluación de la exposición a vibraciones para situaciones de gran variabilidad

En ocasiones puede darse la circunstancia de que las exposiciones varíen de forma significativa de una jornada a otra, de manera que eventualmente se pueda superar el valor límite, mientras que habitualmente los valores de exposición sean inferiores al nivel de acción.

En estas situaciones el Real Decreto 1311/2005 prevé la posibilidad de evaluar la exposición tomando como referencia un periodo de 40 horas. Para el cálculo puede utilizarse la ecuación 6.

$$A_{semanal}(8) = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{d=1}^5 A_d^2(8)} \quad (6)$$

donde,

$A_d(8)$ es la exposición a vibraciones en el día d .

1.4. Sistema de puntos de exposición

El objetivo de este sistema es simplificar el cálculo de la exposición a las vibraciones, ya que permite conocer el resultado de la evaluación utilizando una tabla a partir de las dos variables: la aceleración continua equivalente y el tiempo que se está expuesto a esa vibración.

Consiste en expresar el valor cuadrático medio, $A(8)$, en relación con el nivel de acción, como puede verse en las ecuaciones 7 y 7'. De esta forma para una aceleración continua equivalente dada, el número de puntos de exposición es una función lineal del tiempo de exposición, transformando la función cuadrática del $A(8)$ en una recta.

$$P_E = \left(\frac{\text{aceleración continua equivalente}}{NA} \right)^2 \frac{T}{8h} \times 100 \quad (7)$$

Obsérvese en la ecuación 7 que *aceleración continua equivalente*² $\frac{T}{8h} = A^2(8)$. Por tanto, la ecuación 7 puede expresarse según 7'.

$$P_E = \left(\frac{A(8)}{NA} \right)^2 \times 100 \quad (7')$$

Por tanto, el número de puntos de exposición expresa la relación del $A(8)$ con respecto al nivel de acción, es decir que se trata de un índice de exposición.

Los puntos de exposición se calculan, al igual que ocurría con la determinación del $A(8)$, de forma diferente según las vibraciones se transmitan al sistema mano-brazo o al cuerpo entero.

Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo

Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo los puntos de exposición, P_E , se calculan a partir de la aceleración continua equivalente, a_{hv} , como vector suma de sus componentes ortogonales y del tiempo según la ecuación 8.

$$P_E = \left(\frac{a_{hv}}{2,5 \text{ m/s}^2} \right)^2 \frac{T}{8h} \times 100 \quad (8)$$

La ventaja de utilizar este sistema es que cuando existan varias fuentes los puntos totales de exposición, P_{Etotal} , se calculan haciendo la suma aritmética de los puntos parciales para cada una de las fuentes. Véase ecuación 9.

$$P_{Etotal} = \sum_{i=1}^N P_{Ei} \quad (9)$$

donde,

P_{Ei} son los puntos de exposición correspondientes a la fuente i .

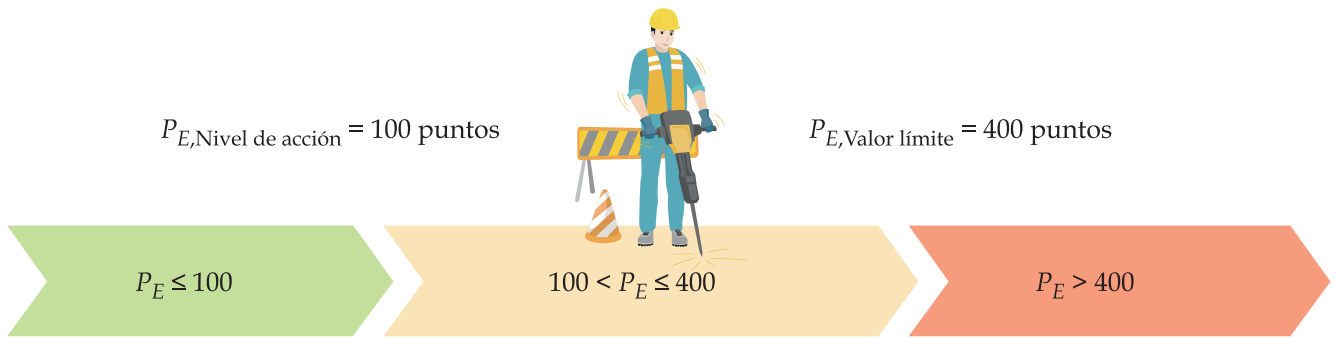


Figura 2. Situaciones al comparar los puntos de exposición con los valores de referencia de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

Aplicando la ecuación 7', cuando el $A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$, es decir el nivel de acción, equivaldrá a 100 puntos de exposición y cuando coincida con el valor límite, es decir 5 m/s^2 , los puntos de exposición serán 400.

De igual forma que con el cálculo del $A(8)$, se pueden establecer tres situaciones que determinan la necesidad o no de aplicar medidas de prevención o protección a partir de la comparación de los puntos de exposición con los puntos de exposición equivalentes al nivel de acción y al valor límite. Véase la figura 2.

Conforme a la ecuación 8 se puede obtener la tabla 2, de forma que para cada par de valores a_{hv} y T , se determinan los puntos de exposición correspondientes. En el caso de exposición a varias fuentes, se puede introducir en la tabla los valores de aceleración continua equivalente de cada fuente y el tiempo de exposición a dicho nivel, y se suman los puntos de exposición de todas las fuentes. Véase la tabla 2.

Al utilizar la tabla, si la aceleración continua equivalente, a_{hv} , se encuentra entre dos valores, deberá elegirse el superior. Cuando el tiempo de exposición no coincida con alguno de los indicados en la tabla, se puede sumar puntos de exposición con un detalle de hasta 5 minutos para ajustarse al tiempo de exposición.

En la NTP 1164, "Vibraciones: Aplicación práctica del método de puntos de exposición a puestos de trabajo variables (2021)", se propone una respuesta a la problemática planteada en los puestos de trabajo variables, en los que es complicado determinar los tiempos de exposición a cada uno de los niveles de vibraciones al no existir duraciones fijas de utilización de maquinaria. Esto ocurre habitualmente en puestos de mantenimiento en los que no hay un patrón establecido de tareas y utilización de herramientas portátiles y que es el ejemplo empleado en la NTP.

Aceleración continua equivalente, a_{lrv} (m/s^2)	20	67	200	400	800	1600	2400	3200	4000	4800	6400	8000
	19,5	63	190	380	761	1521	2282	3042	3803	4563	6084	7605
	19	60	181	361	722	1444	2166	2888	3610	4332	5776	7220
	18,5	57	171	342	685	1369	2054	2738	3423	4107	5476	6845
	18	54	162	324	648	1296	1944	2592	3240	3888	5184	6480
	17,5	51	153	306	613	1225	1838	2450	3063	3675	4900	6125
	17	48	145	289	578	1156	1734	2312	2890	3468	4624	5780
	16,5	45	136	272	545	1089	1634	2178	2723	3267	4356	5445
	16	43	128	256	512	1024	1536	2048	2560	3072	4096	5120
	15,5	40	120	240	481	961	1442	1922	2403	2883	3844	4805
	15	38	113	225	450	900	1350	1800	2250	2700	3600	4500
	14,5	35	105	210	421	841	1262	1682	2103	2523	3364	4205
	14	33	98	196	392	784	1176	1568	1960	2352	3136	3920
	13,5	30	91	182	365	729	1094	1458	1823	2187	2916	3645
	13	28	85	169	338	676	1014	1352	1690	2028	2704	3380
	12,5	26	78	156	313	625	938	1250	1563	1875	2500	3125
	12	24	72	144	288	576	864	1152	1440	1728	2304	2880
	11,5	22	66	132	265	529	794	1058	1323	1587	2116	2645
	11	20	61	121	242	484	726	968	1210	1452	1936	2420
	10,5	18	55	110	221	441	662	882	1103	1323	1764	2205
	10	17	50	100	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
	9,5	15	45	90	181	361	542	722	903	1083	1444	1805
	9	14	41	81	162	324	486	648	810	972	1296	1620
	8,5	12	36	72	145	289	434	578	723	867	1156	1445
	8	11	32	64	128	256	384	512	640	768	1024	1280
7,5	9	28	56	113	225	338	450	563	675	900	1125	
7	8	25	49	98	196	294	392	490	588	784	980	
6,5	7	21	42	85	169	254	338	423	507	676	845	
6	6	18	36	72	144	216	288	360	432	576	720	
5,5	5	15	30	61	121	182	242	303	363	484	605	
5	4	13	25	50	100	150	200	250	300	400	500	
4,5	3	10	20	41	81	122	162	203	243	324	405	
4	3	8	16	32	64	96	128	160	192	256	320	
3,5	2	6	12	25	49	74	98	123	147	196	245	
3	2	5	9	18	36	54	72	90	108	144	180	
2,5	1	3	6	13	25	38	50	63	75	100	125	
	5 m	15 m	30 m	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	8 h	10 h	
	Tiempo de exposición, T_{exp}											

Tabla 2. Puntos de exposición para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

Vibraciones transmitidas al cuerpo entero

Para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero los puntos de exposición, P_E , se calculan a partir de la aceleración continua equivalente, a_{wj} , ponderada en frecuencia según corresponda al eje x, y, z, tal como se indica en la ecuación 10.

$$\begin{aligned}
 P_{E_x} &= 1,4 \left(\frac{a_{wx}}{0,5 \text{ m/s}^2} \right)^2 \frac{T}{8h} \times 100 \\
 P_{E_y} &= 1,4 \left(\frac{a_{wy}}{0,5 \text{ m/s}^2} \right)^2 \frac{T}{8h} \times 100 \\
 P_{E_z} &= \left(\frac{a_{wz}}{0,5 \text{ m/s}^2} \right)^2 \frac{T}{8h} \times 100
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Obsérvese en la ecuación 10 que $a_{wj}^2 T / (8 h) = A_j^2 (8)$, donde $j = x, y, z$, y que $0,5 \text{ m/s}^2$ es el nivel de acción para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, NA . Por tanto, la ecuación 10 puede expresarse según 10'.

$$\begin{aligned}
 P_{E_x} &= \left(\frac{A_x(8)}{NA} \right)^2 \times 100 & P_{E_y} &= \left(\frac{A_y(8)}{NA} \right)^2 \times 100 \\
 P_{E_z} &= \left(\frac{A_z(8)}{NA} \right)^2 \times 100
 \end{aligned}
 \tag{10'}$$

Como se indicaba anteriormente, la ventaja de esta metodología es poder calcular los puntos totales de exposición mediante la suma aritmética de los puntos parciales de cada fuente. Para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, la suma de los puntos debe hacerse para cada eje x, y, z, y se escogería los correspondientes al eje de mayor puntuación. Véase la ecuación 11.

$$\begin{aligned}
 P_{Etotal_x} &= \sum_{i=1}^N P_{E_{x,i}} & P_{Etotal_y} &= \sum_{i=1}^N P_{E_{y,i}} \\
 P_{Etotal_z} &= \sum_{i=1}^N P_{E_{z,i}}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Donde,

P_{Exi} , P_{Eyi} y P_{Ezi} son los puntos de exposición correspondientes a cada uno de los tres ejes y a la fuente i .

De la ecuación 10' se obtiene que cuando el $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$, es decir, el nivel de acción equivaldrá a 100 puntos de exposición y cuando coincida con el valor límite, es decir, $1,15 \text{ m/s}^2$, los puntos de exposición serán 529. Obsérvese que, para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, los puntos de exposición correspondientes al valor límite no son 400, como ocurría con las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

Al igual que para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, se puede establecer tres situaciones. Véase la figura 3.

Aplicando la ecuación 10 se puede obtener la tabla 3, de forma que para cada par de valores a_{wj} (siendo $j = x, y, z$) y T , se determinan los puntos de exposición correspondientes. En el caso de exposición a varias fuentes, se puede introducir en la tabla los valores de aceleración continua equivalente de cada fuente y el tiempo de exposición a dicho nivel, y se suman los puntos de exposición de todas las fuentes para cada eje.

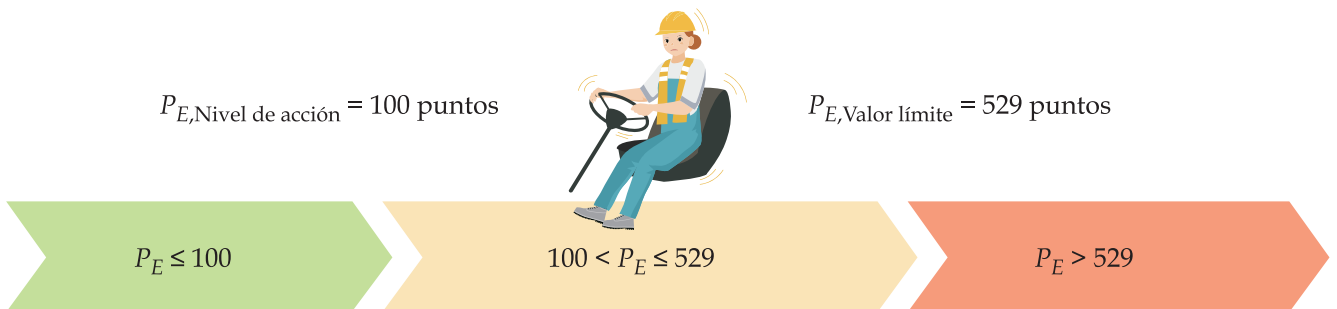


Figura 3. Situaciones al comparar los puntos de exposición con los valores de referencia de las vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

Aceleración continua equivalente en el eje j , a_{wjj} (m/s^2)	2	17	50	100	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
	1,95	16	48	95	190	380	570	761	951	1141	1521	1901
	1,9	15	45	90	181	361	542	722	903	1083	1444	1805
	1,85	14	43	86	171	342	513	685	856	1027	1369	1711
	1,8	14	41	81	162	324	486	648	810	972	1296	1620
	1,75	13	38	77	153	306	459	613	766	919	1225	1531
	1,7	12	36	72	145	289	434	578	723	867	1156	1445
	1,65	11	34	68	136	272	408	545	681	817	1089	1361
	1,6	11	32	64	128	256	384	512	640	768	1024	1280
	1,55	10	30	60	120	240	360	481	601	721	961	1201
	1,5	9	28	56	113	225	338	450	563	675	900	1125
	1,45	9	26	53	105	210	315	421	526	631	841	1051
	1,4	8	25	49	98	196	294	392	490	588	784	980
	1,35	8	23	46	91	182	273	365	456	547	729	911
	1,3	7	21	42	85	169	254	338	423	507	676	845
	1,25	7	20	39	78	156	234	313	391	469	625	781
	1,2	6	18	36	72	144	216	288	360	432	576	720
	1,15	6	17	33	66	132	198	265	331	397	529	661
	1,1	5	15	30	61	121	182	242	303	363	484	605
	1,05	5	14	28	55	110	165	221	276	331	441	551
	1	4	13	25	50	100	150	200	250	300	400	500
	0,95	4	11	23	45	90	135	181	226	271	361	451
	0,9	3	10	20	41	81	122	162	203	243	324	405
	0,85	3	9	18	36	72	108	145	181	217	289	361
	0,8	3	8	16	32	64	96	128	160	192	256	320
	0,75	2	7	14	28	56	84	113	141	169	225	281
	0,7	2	6	12	25	49	74	98	123	147	196	245
	0,65	2	5	11	21	42	63	85	106	127	169	211
	0,6	2	5	9	18	36	54	72	90	108	144	180
	0,55	1	4	8	15	30	45	61	76	91	121	151
0,5	1	3	6	13	25	38	50	63	75	100	125	
0,45	1	3	5	10	20	30	41	51	61	81	101	
0,4	1	2	4	8	16	24	32	40	48	64	80	
0,35	1	2	3	0	0	18	25	31	37	49	61	
0,3	0	1	2	0	0	14	18	23	27	36	45	
0,25	0	1	2	0	0	9	13	16	19	25	31	
	5 m	15 m	30 m	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	8 h	10 h	
	Tiempo de exposición, T_{exp}											

Tabla 3. Puntos de exposición para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

2. Métodos complementarios para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero: *MTVV* y *VDV*

En ocasiones, el método del valor cuadrático medio, *A(8)*, puede subestimar la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero. La norma UNE ISO 2631-1 establece las siguientes condiciones en las que puede suceder: valores pico de aceleración elevados, choques esporádicos o vibraciones transitorias altas.

En estas circunstancias, es recomendable utilizar algún método alternativo que complemente el método del *A(8)*, aunque el Real Decreto 1311/2005 no establece esta obligación.

Como criterio para determinar si es conveniente utilizar un método complementario se puede utilizar el factor cresta, de forma que, si este es menor o igual a 9, el método del valor cuadrático medio, *A(8)*, es suficiente.

El factor cresta (*FC*) se define como el módulo de la relación entre el máximo valor instantáneo de la señal de la aceleración ponderada en frecuencia registrado durante la medición y su valor promedio en el tiempo de observación, es decir, su aceleración continua equivalente. Se calcula para cada uno de los 3 ejes ortogonales, *x*, *y*, *z*, tal como se muestra en la ecuación 12.

$$FC_x = \frac{a_{wx, \text{máx}}(t)}{a_{wx}} \quad FC_y = \frac{a_{wy, \text{máx}}(t)}{a_{wy}} \quad FC_z = \frac{a_{wz, \text{máx}}(t)}{a_{wz}} \quad (12)$$

Cuando el valor del factor cresta en cualquiera de los tres ejes sea superior a 9, la norma UNE propone determinar también uno de estos dos valores alternativos: el valor eficaz móvil de la aceleración ponderada en frecuencia (*MTVV*) o el valor de dosis a la cuarta potencia (*VDV*).

2.1. Valor eficaz móvil de la aceleración ponderada en frecuencia

Este método consiste en calcular de forma continua el valor cuadrático medio de la aceleración en períodos más cortos que la duración de la medición y seleccionar el que presente un valor mayor.

En el apéndice 1 se introdujo el concepto de valor eficaz móvil, $a(t_0)$. En este apéndice, se designa este parámetro con la notación $a_{wj}(t_0)$ para señalar con el subíndice *w* que la aceleración está ponderada en frecuencia y con el subíndice *j* que indica que se determina para cada eje del sistema ortogonal. Este parámetro se calcula a partir de la ecuación 13.

$$a_{wj}(t_0) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [a_{wj}(t)]^2 dt} \quad (13)$$

Donde:

- $a_{wj}(t)$ es la aceleración instantánea ponderada en frecuencia en el eje *j*, con $j = x, y, z$.
- τ es el tiempo de integración para el promedio móvil que, habitualmente se toma como 1 segundo.
- t_0 es el tiempo de observación (tiempo instantáneo).

Como se puede ver, t_0 es el tiempo instantáneo de cada observación, es decir, de cada lectura de la aceleración que hace el vibrómetro. Por tanto, conceptualmente, el $a_w(t_0)$ se define como el promedio cuadrático de las lecturas del vibrómetro de la aceleración instantánea realizadas durante un segundo (τ tiempo de integración). Como resultado, el promedio cambiará, o se moverá, conforme sucedan nuevas lecturas.

De toda la serie de promedios instantáneos, se escoge el mayor de ellos, que se denomina valor máximo de la vibración transitoria, *MTVV*. Véase la ecuación 14.

$$MTVV_x = \max_{t_0} [a_{wx}(t_0)] \quad MTVV_y = \max_{t_0} [a_{wy}(t_0)] \quad MTVV_z = \max_{t_0} [a_{wz}(t_0)] \quad (14)$$

No existen criterios de referencia numéricos para el *MTVV* con los que comparar el resultado, sin embargo, este dato puede aportar más información sobre la exposición. Por ejemplo, un valor muy alto de *MTVV* en un puesto de trabajo determinado puede indicar que existe una condición de trabajo desfavorable, algún evento significativo, como puede ser un bache en el pavimento.

Los valores altos de *MTVV* con respecto al valor cuadrático medio indican períodos cortos de tiempo en los que las vibraciones son muy altas, por lo tanto, los puestos de trabajo en que se detecten estas circunstancias deben priorizarse a la hora de establecer medidas para reducir estos picos de exposición.

2.2. Valor de dosis a la cuarta potencia

El método del valor de dosis a la cuarta potencia, *VDV*, es más sensible a los valores pico de la aceleración instantánea que el método del valor cuadrático medio, ya que utiliza como base del cálculo la cuarta potencia en lugar de la potencia segunda para el promedio de la aceleración a lo largo de la medición. El *VDV* por cada eje ortogonal se calcula según la ecuación 15.

$$\begin{aligned} VDV_x &= 1,4 \sqrt[4]{\int_0^T [a_{wx}(t)]^4 dt} \\ VDV_y &= 1,4 \sqrt[4]{\int_0^T [a_{wy}(t)]^4 dt} \\ VDV_z &= \sqrt[4]{\int_0^T [a_{wz}(t)]^4 dt} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} VDV_{total,x} &= \sqrt[4]{\sum_i VDV_{i,x}^4} \\ VDV_{total,y} &= \sqrt[4]{\sum_i VDV_{i,y}^4} \\ VDV_{total,z} &= \sqrt[4]{\sum_i VDV_{i,z}^4} \end{aligned} \quad (16)$$

Al igual que en el método cuadrático medio se escogía el $A(8)$ del eje que más vibra, en el método del valor de dosis a la cuarta potencia se elige el VDV del eje con mayor valor.

Obsérvese en la ecuación 15 que no se trata de un valor promedio, sino que es valor acumulativo y, por tanto, su valor dependerá del tiempo de medición. Esto significa que se debe contabilizar toda la exposición laboral durante la jornada. Si la exposición es cíclica, se puede muestrear un ciclo, y multiplicar el resultado de la medición por el número de ciclos diarios. En caso de que la exposición sea variable o siga un patrón impredecible, será necesario medir durante todo el tiempo de exposición. Otra consecuencia derivada de la definición del VDV , es que sus unidades no son m/s^2 , sino que son $m/s^{1,75}$, ya que no se trata de aceleración, sino de dosis a la cuarta potencia.

Cuando en el puesto de trabajo haya una exposición a varias fuentes con VDV diferentes, se calculará el valor total por cada eje según la ecuación 16, y se escogerá el valor del eje que más vibra.

La Directiva 2002/44/CE propone como método alternativo al $A(8)$ la comparación del VDV con los siguientes criterios de referencia numéricos: valor límite para el VDV de $21 m/s^{1,75}$ y un nivel de acción de $9,1 m/s^{1,75}$. De esta forma se distinguen las tres situaciones indicadas en la figura 4.

Cuando la comparación de los valores de $A(8)$ y del VDV con sus respectivos criterios de referencia dé lugar a conclusiones distintas, sería recomendable optar por la más desfavorable. Por ejemplo, si el $A(8)$ es menor que el NA , pero el VDV supera su correspondiente NA , se deberían adoptar medidas de control del riesgo.



Figura 4: Representación de las tres posibles situaciones tras la evaluación de la exposición del riesgo a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero por el método VDV .

APÉNDICE 5. MEDIDAS DE CONTROL DE LA EXPOSICIÓN A LAS VIBRACIONES

1. Introducción

Sobre la base de la evaluación de los riesgos mencionada en el artículo 4 del Real Decreto 1311/2005, cuando se superen los niveles de acción establecidos en el artículo 3 para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo y al cuerpo entero, la empresa establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y organizativas destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de esta.

Para la elaboración de este programa se deberán tener en consideración las disposiciones encaminadas a reducir la exposición establecidas en el artículo 5, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo.

De acuerdo con la Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (vibraciones en el trabajo), se proponen una serie de etapas que pueden seguirse en el proceso de elección e implantación de las medidas de control, partiendo de los resultados de la evaluación de riesgos:

1. Jerarquización de las soluciones potenciales.

Es necesario considerar el nivel de riesgo existente en cada tarea y realizar una relación de las posibles soluciones analizando su viabilidad y su eficacia preventiva para a partir de ahí establecer prioridades.

2. Información y consulta al personal o sus representantes.

En el proceso de diseño y ejecución del programa de medidas técnicas y organizativas, la empresa tiene el deber de consultar y permitir la participación de las personas trabajadoras o sus representantes. Este proceso, además, puede aportar

información valiosa para el diseño de las medidas preventivas a implantar.

3. Elaboración y puesta en marcha del programa.

Consiste en asignar a cada acción su plazo de ejecución, establecer las personas responsables del desarrollo y seguimiento del programa y dotar de los recursos humanos y materiales necesarios.

4. Seguimiento de la implantación del programa.

La persona responsable del desarrollo del programa comprobará que se ejecuta de acuerdo con los plazos establecidos.

5. Evaluación de la eficacia de las medidas adoptadas.

Consiste en una valoración del cumplimiento del objetivo de reducción de la exposición a las vibraciones de las medidas que se van adoptando, así como la valoración de la eficacia global del programa una vez finalizado.

En el diagrama de la figura 1, se resumen las medidas establecidas en el artículo 5 encaminadas a evitar o a reducir la exposición a las vibraciones, mediante la disminución de la magnitud de la aceleración transmitida o la limitación de los tiempos de exposición.

En todo caso, la reducción de los riesgos por exposición a las vibraciones se basará en los principios de la acción preventiva establecidos en el artículo 15 de la LPRL.

En la prevención de la exposición a las vibraciones mecánicas debería involucrarse a todos los departamentos de la empresa. Este aspecto es clave para la integración de la prevención. En concreto, es fundamental su integración en los procesos de com-



Figura 1. Clasificación de las medidas de control de la exposición a las vibraciones.

pras, de manera que cualquier decisión que se adopte en materia de adquisiciones, por ejemplo, la compra de maquinaria, herramientas manuales vibrátiles, útiles de trabajo, etc. considere las correspondientes necesidades preventivas.

2. Medidas técnicas

Para el diseño y aplicación de las medidas técnicas es esencial identificar las diferentes fuentes de generación y emisión de vibraciones, considerando los lugares de trabajo, las máquinas, los procesos y las tareas realizadas en cada puesto. Las medidas técnicas más efectivas serán aquellas que van encaminadas al control del riesgo en las fuentes, mediante su rediseño o sustitución.

Por otro lado, hay que tener en cuenta otros factores que pueden agravar el riesgo de exposición, como pueden ser: fuerzas de agarre o empuje elevadas, movimientos rápidos y repetitivos, posturas forzadas o la exposición simultánea a bajas temperaturas.

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones en la búsqueda de soluciones técnicas para llevar a cabo un control eficaz de la exposición a las vibraciones.

1.1. Modificación de los métodos de trabajo.

La inclusión de medidas técnicas para la prevención de la exposición a las vibraciones durante el diseño de procesos productivos, instalaciones o puestos de trabajo va a permitir el control del riesgo de forma más eficaz que la ejecución de actuaciones correctoras posteriores, las cuales serán más costosas y difíciles de llevar a cabo.

En los procesos y puestos de trabajo ya existentes, cuando exista exposición a las vibraciones, debería realizarse una revisión del proceso o la tarea. Cuando sea razonablemente posible y teniendo en cuenta la evolución de la técnica, se deberían reemplazar por métodos alternativos que conduzcan a eliminar o, en su defecto, reducir la exposición.

A continuación, se exponen métodos de trabajo alternativos que pueden ayudar en el control de riesgos de exposición a las vibraciones:

Sistema mano-brazo

Automatización o mecanización de tareas manuales. Algunos ejemplos:

- Utilizar robots controlados remotamente en lugar de martillos rompedores o demoledores manuales. Esta medida podría implantarse, por ejemplo, en procesos de demolición en la construcción y en actividades industriales de limpieza de escoria en acerías y fundiciones.



Figura 2. Ejemplos de automatización mediante robots controlados remotamente.

- Reemplazar el corte manual de placas de acero con amoladoras angulares o rectas por máquinas de corte con oxicorte CNC, perfilado por láser, corte por chorro de agua abrasivo o corte por plasma sumergido.
- Montar motores de automóviles mediante brazos robotizados, en lugar de utilizar herramientas neumáticas o eléctricas manuales.
- Utilizar sistemas de chorro de agua, de arena o granallado, en lugar de un martillete de agujas para tareas de pretratamiento de superficies, como la eliminación de pintura, óxido y escoria de soldadura.
- Instalar mediante perforación subterránea las líneas de agua y gas, alcantarillado, cableado eléctrico y comunicaciones, en lugar de abrir una zanja con un martillo neumático y posteriormente cerrarla utilizando máquinas apisonadoras.

Cuerpo entero

Reemplazar el proceso. Como es el caso de:

- Transportar mercancías o materiales mediante cintas transportadoras en lugar de utilizar vehículos o maquinaria móvil.
- Reemplazar equipos de trabajo tripulados por no tripulados, como transportadores de mercancías controlados remotamente.

Optimizar los trayectos y adecuar la velocidad.

- Minimizar la distancia de desplazamiento mediante la organización del trabajo.
- Limitar la velocidad de desplazamiento, adaptándola a las condiciones de las vías de circulación, dado el efecto pronunciado que tiene la velocidad sobre el valor de la vibración.

Antes de cambiar el método de trabajo o proceso para eliminar o reducir la exposición a las vibraciones debería valorarse la magnitud de los nuevos riesgos que pueden introducir los métodos alternativos, por ejemplo, exposición a productos químicos, humos, salpicaduras, ruido, polvo, etc.

1.2. La elección del equipo de trabajo adecuado.

Como ya se ha dicho, la normativa de comercialización de máquinas exige a la empresa fabricante que:

- Diseñe y fabrique máquinas de manera que las emisiones de vibraciones se reduzcan al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta el progreso de la técnica.
- Declare las vibraciones emitidas en el manual de instrucciones.

De esta forma se facilitará que las empresas usuarias seleccionen aquellos modelos de máquinas que, a igualdad de prestaciones técnicas, emitan menos vibraciones. Para que esta política de adquisiciones menos peligrosas respecto a la exposición a las vibraciones sea eficaz, es necesario que:

- Todos los modelos de las diferentes empresas fabricantes hayan sido ensayados según el mismo código de ensayo y para las mismas condiciones de utilización.
- Las máquinas sean apropiadas para el trabajo a realizar, ya que el uso de máquinas inadecuadas o ineficaces prolongará significativamente la duración del trabajo y, por tanto, el tiempo de exposición a las vibraciones.

A la hora de incorporar elementos o dispositivos anti-vibración se debe tener en cuenta que cualquier modificación de las máquinas o vehículos, con objeto de reducir la exposición como, por ejemplo, la instalación de aisladores o amortiguadores de vibraciones, reequilibrado de la máquina, etc., sin un estudio técnico previo adecuado, podría hacer que se generen resonancias que amplificarían las vibraciones en ciertas frecuencias.

Además, si las modificaciones llevadas a cabo son sustanciales la empresa que las realice se convertiría en fabricante, debiendo cumplir los requisitos legales de comercialización que le sean de aplicación.

Sistema mano-brazo

Utilización de máquinas con sistemas antivibratorios. Existen diferentes tecnologías para reducir la generación de vibraciones en las máquinas:

- Optimizar el equilibrado de la máquina en su diseño mediante:
 - Modificación de la masa, la velocidad o la aceleración de los componentes que generan el desequilibrado.
 - Incorporación de contrapesos. Por ejemplo, una de las tecnologías que suelen emplearse en los martillos rompedores es el uso de un sistema de contrapesos o péndulos de absorción que reducen la vibración al moverse en sentido contrario a la dirección de vibración del cuerpo de la herramienta. Otro ejemplo sería un sistema de autoequilibrado para algunas herramientas rotativas, que consiste en un juego de bolas de rodamiento que compensan el desequilibrio del disco abrasivo.

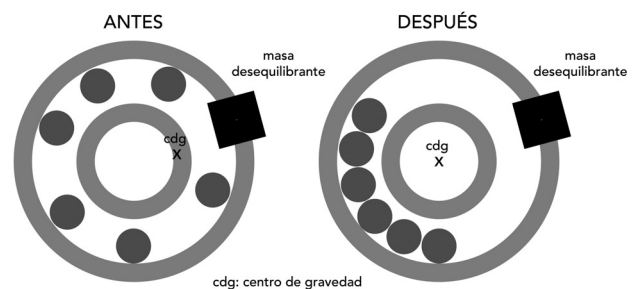


Figura 3. Diseño de equilibrado de máquinas.

- Minimizar la transferencia de las vibraciones mediante la incorporación en determinadas zonas de la máquina de componentes diseñados y fabricados con materiales elastómeros o metálicos (muelles), por ejemplo, en el desacople de las empuñaduras de una motosierra respecto del motor y de la espada.

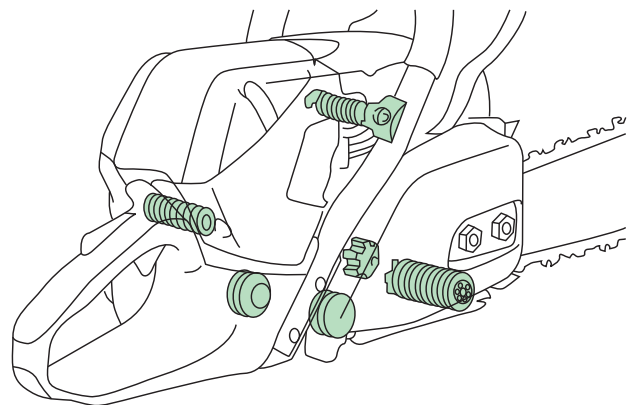


Figura 4. Sistema antivibración de una motosierra que incorpora resortes y elastómeros.

- Eliminar los efectos de resonancia. Diversos elementos pueden entrar en resonancia si la frecuencia o frecuencias de las fuerzas variables generadas durante el uso están próximas a la frecuencia natural de vibración de la máquina o de sus elementos, lo que amplificaría considerablemente la vibración. Durante el diseño de la máquina, se pueden elegir materiales cuyas frecuencias naturales eviten la resonancia, dentro del rango normal de velocidad de la máquina.

Selección adecuada de los accesorios intercambiables o útiles de inserción. Esta puede comportar importantes ventajas, entre ellas:

- Realizar el trabajo de forma más eficiente. Por ejemplo, la utilización de cinceles autoafilables permite que estos se adhieran menos al hormigón.
- Reducir el tiempo de exposición a las vibraciones. Por ejemplo, el uso de vasos diamantados con una amoladora angular permite mantener una velocidad de desbaste estable y, por tanto, minimizar el tiempo necesario para realizar la tarea.

Diseño ergonómico para evitar posturas forzadas que puedan incrementar los efectos perjudiciales de las vibraciones. Tendrá en cuenta factores como: la facilidad de uso, la fuerza de agarre necesaria, el frío generado al contacto con la superficie del mango y el peso de la herramienta. Por ejemplo, un menor peso de la máquina conduce a menores fuerzas de agarre, empuje y sujeción, causando una menor intensidad de transmisión de la vibración.

Cuerpo entero

El informe técnico UNE-CEN/TR 15172-1 recoge diferentes métodos y prácticas de ingeniería para el diseño de maquinaria con objeto de limitar los efectos de las vibraciones de cuerpo entero. Entre otras, se encuentran:

Utilización de máquinas móviles o vehículos con sistemas de suspensión y amortiguación adecuados. Una suspensión óptima de los ejes, de la cabina y de los distintos accesorios (plumas, brazos salientes, brazos de maquinaria para movimiento de tierra, etc.) reduce en gran medida los choques, los cabeceos de la máquina y la vibración. Un ejemplo de ello es el sistema de suspensión que incorporan algunas retroexcavadoras en la pala cargadora frontal para dar una mayor estabilidad y evitar, en la medida de lo posible, el cabeceo durante el desplazamiento.

Selección de la máquina o vehículo adecuado a la tarea a realizar. Es necesario que tenga una capacidad de carga, potencia y fuerza adecuada para realizar la tarea. Utilizar una máquina al límite de su capacidad producirá más vibración que una del mismo tipo de mayor capacidad.

Asientos con sistemas de ajuste y suspensión. El asiento debería estar equipado con una suspensión vertical, pudiendo ser necesaria una suspensión horizontal adaptada a las características dinámicas del vehículo. A su vez, debería disponer de un sistema de regulación, vertical y longitudinal, según el peso y la estatura de la persona usuaria.

Existen diferentes tipos de suspensión, entre los que cabe destacar:

- Suspensión mecánica. Su funcionamiento se basa en un juego de muelles y amortiguadores.
- Suspensión neumática. Funciona con un pulmón de aire, logrando que la absorción de impactos y vibraciones sea más suave que con una suspensión mecánica.
- Suspensión neumática activa y electrónica. Cuenta con sensores que adaptan automáticamente su firmeza y posición para compensar las vibraciones.



Figura 5. Asiento con suspensión neumática.

Selección adecuada de neumáticos. Los neumáticos se deberían seleccionar en función de la carga a transportar, así como de las características del terreno o de las vías de circulación. Los neumáticos de aire, con o sin cámara, permiten filtrar las pequeñas irregularidades del terreno. Sin embargo, los neumáticos sólidos o macizos transmiten las vibraciones directamente sin amortiguar por lo que, en este caso, solamente se aconseja su uso en superficies perfectamente lisas.

La presión del neumático debe ajustarse y mantenerse dentro del rango especificado por la empresa fabricante.

Diseño ergonómico. Es importante seleccionar máquinas y vehículos con diseños de cabina y órganos de accionamiento dispuestos de manera que puedan

manejarse sin mantener posturas forzadas y permitan una buena visibilidad desde la cabina. Si se requiere girar el cuerpo para manipular los accesorios de la máquina, como en el caso de las retroexcavadoras, el asiento debe ser giratorio.

1.3. Utilización de equipos auxiliares.

Además de la tecnología de amortiguación de las vibraciones incorporada en las propias máquinas, existen en el mercado diversos equipos auxiliares que pueden ayudar a reducir la exposición a las vibraciones.

Sistema mano-brazo

En el caso de las herramientas mecánicas portátiles, las empresas fabricantes han diseñado diferentes equipos auxiliares para evitar o reducir el contacto directo de las manos con la superficie vibrante y mejorar el control de la herramienta. A continuación, se exponen algunos de ellos:

Empuñadura auxiliar con sistema de amortiguación de vibraciones. Estas empuñaduras disponen de un sistema de amortiguación flexible que absorbe la vibración de la herramienta y permite un mayor control. Suelen estar recubiertas con un material viscoelástico que las hace más confortables, mejora el agarre y transmite menos frío. En este caso, tiene especial importancia la elección de empuñaduras que hayan sido diseñadas específicamente por la empresa fabricante de la máquina, ya que una elección incorrecta puede incrementar las vibraciones.

Dispositivos de suspensión de herramientas (equilibradores) o brazos de posicionamiento. Estos dispositivos permiten reducir la fatiga del sistema mano-brazo al disminuir la fuerza necesaria para sostener la herramienta, lo que reducirá la intensidad de transmisión de la vibración, e incluso pueden limitar las reacciones de torsión del sistema mano-brazo por movimientos imprevistos de las herramientas. Estos

accesorios deben seleccionarse en función del tipo de herramienta, de las características del lugar de trabajo y del componente a procesar.

Cuerpo entero

Para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero existen sistemas auxiliares para el aislamiento de la fuente, como pueden ser los soportes elásticos.

El uso de estos sistemas permite reducir significativamente cualquier transmisión de vibraciones entre una máquina y su entorno. La respuesta dinámica depende de las características de la fuente de vibraciones, la estructura en la que está montada y las características de los elementos elásticos.

A la hora de seleccionarlos es necesario un intercambio de información entre la empresa fabricante de la máquina, la del sistema de suspensión y la empresa usuaria. En la norma UNE-EN 1299 se dan directrices a las empresas fabricantes e instaladoras de maquinaria para definir los parámetros necesarios en la selección e instalación de un sistema de aislamiento de las vibraciones.

A continuación, se enumeran algunos de los elementos utilizados como soportes elásticos aislantes de las vibraciones:

Elastómeros de caucho sintético o natural. Son aptos para soportar grandes deformaciones y volver a su estado original sin ser dañados. Hay que tener en cuenta que su envejecimiento va a depender principalmente de la composición del material y de las condiciones ambientales a las que estén expuestos. Suelen disponer de partes metálicas para aumentar su vida útil y permitir una fácil instalación.

Pueden emplearse como elementos separados o en múltiples capas o mallas conformando una bancada antivibración, la cual suele disponer de una plancha metálica situada en su parte superior sobre la que se apoya la máquina.

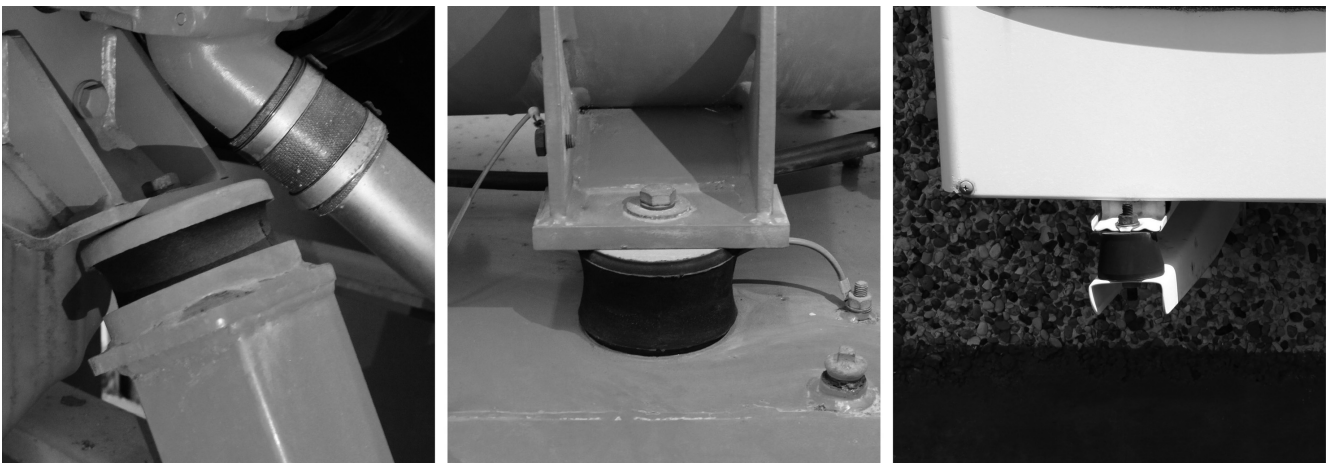


Figura 6. Soportes antivibración de caucho y metal.

Muelles de metal. Existen diferentes tipos de muelles metálicos, caracterizados por sus curvas de deformación bajo carga. El muelle helicoidal de compresión es el muelle metálico generalmente utilizado para el aislamiento de las vibraciones generadas por las máquinas. Son capaces de proporcionar altos niveles de deflexión, pudiendo lograr, según algunos fabricantes, una reducción de la transmisión de las vibraciones de hasta un 99%.

Como características principales destaca su alta durabilidad, su capacidad para preservar sus prestaciones a la intemperie y su resistencia a la mayoría de las sustancias orgánicas.

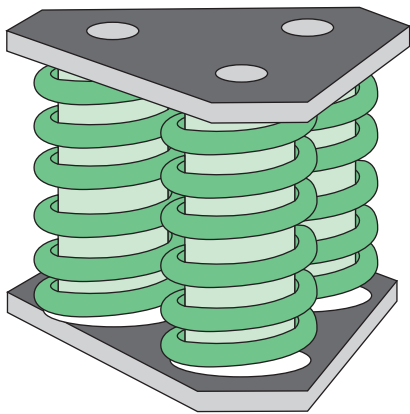
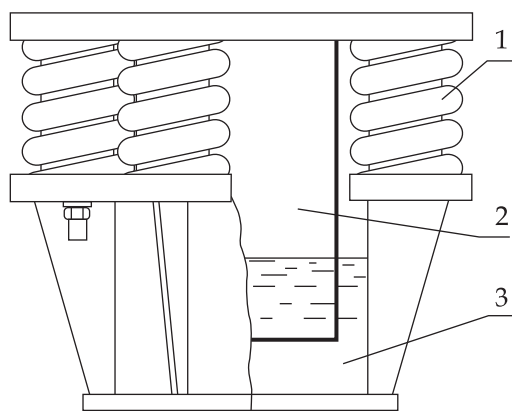


Figura 7. Soporte antivibración de muelle.

Amortiguadores. Pueden utilizarse como dispositivo único o en combinación con elementos de muelle para proporcionar el grado de amortiguación necesario. Se utilizan para evitar un aumento de la amplitud de la vibración cuando se pasa por las frecuencias de resonancia o cuando se generan fuerzas de desequilibrio en las máquinas rotativas. También son útiles para asegurar una disminución rápida de las vibraciones inducidas por choques.



1. muelle.
2. pistón.
3. líquido.

Figura 8. Amortiguador viscoelástico en combinación con muelles.

Sistemas activos de aislamiento de vibraciones. Los aisladores activos cancelan la vibración entrante generando una fuerza dinámica de la misma magnitud en fase opuesta mediante el uso de actuadores electrodinámicos.

1.4. Programas de mantenimiento

Las vibraciones emitidas por los equipos de trabajo pueden variar durante su vida, dependiendo en gran medida de las condiciones de uso y mantenimiento. Si este es inadecuado puede provocar que las piezas se aflojen, desalineen, desgasten o desequilibren, lo que hará que los niveles de vibración aumenten con el tiempo.

Asimismo, la falta de mantenimiento de las vías de circulación, con la presencia de irregularidades, baches, etc., va a influir en un aumento de las vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

Por ello, es esencial establecer un programa de mantenimiento que contemple los elementos a revisar y su periodicidad, incluyendo los consumibles y accesorios que se utilicen con la máquina, así como las actuaciones a realizar en caso de detectar deficiencias. Para que el plan sea eficaz, es necesario que se designe a una persona responsable de su seguimiento y control.

El programa deberá elaborarse considerando, entre otros aspectos, los manuales de instrucciones y el asesoramiento técnico de la empresa fabricante.

A continuación, se exponen algunas posibles actuaciones:

Sistema mano-brazo

- Sustituir las piezas, accesorios intercambiables o útiles de inserción que estén desgastados.
- Lubricar y realizar la puesta a punto de las partes móviles.
- Revisar los sistemas de amortiguación de las vibraciones (muelles metálicos, articulaciones elásticas, etc.).
- Sustituir periódicamente el material aislante utilizado en las empuñaduras, ya que su envejecimiento tiene un efecto importante sobre la transmisión de las vibraciones.
- Revisar el estado de cojinetes, rodamientos o engranajes. Sustituirlos si están defectuosos.
- Efectuar controles y correcciones de equilibrado de los componentes rotativos del equipo.

Cuerpo entero

- Revisar el estado de los neumáticos y su presión de inflado, los sistemas de suspensión, así como las conexiones flexibles en las máquinas y sus accesorios.

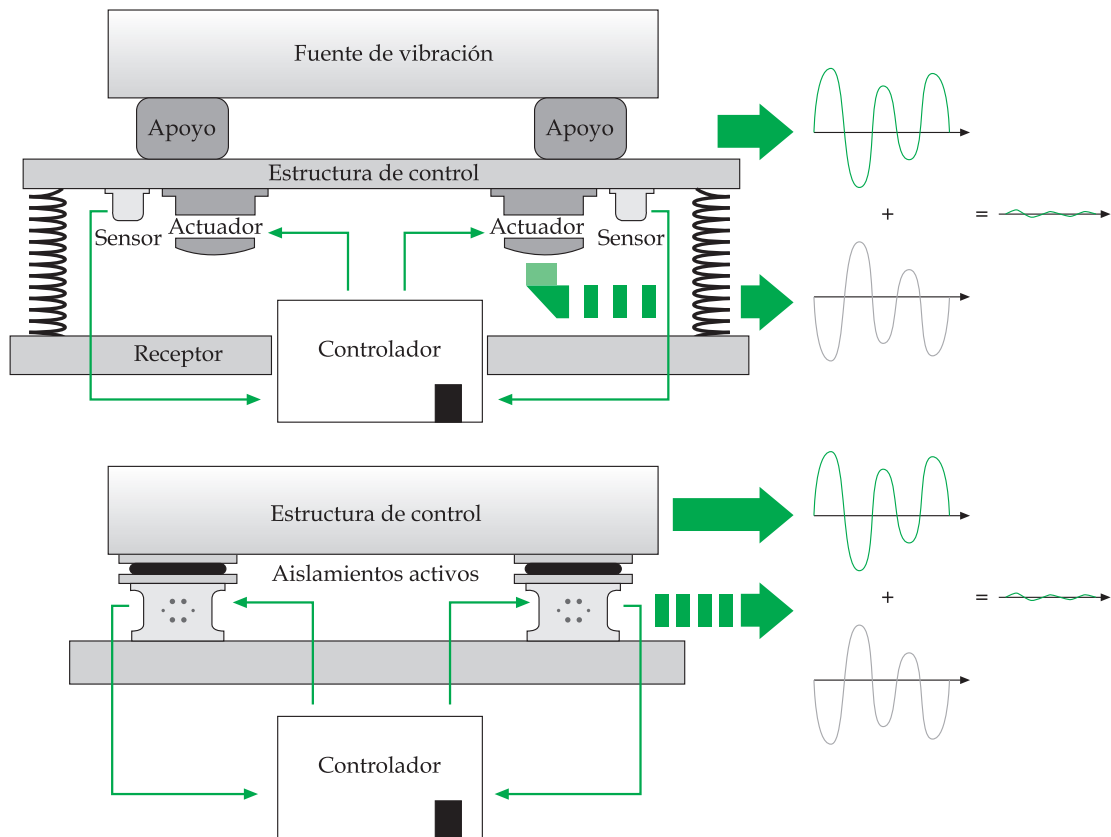


Figura 9. Sistemas activos de aislamiento de vibraciones.

- Evitar holguras excesivas en las conexiones entre las máquinas y sus accesorios, así como en la estructura de la propia máquina y en los sistemas de suspensión.
- Comprobar el ajuste del asiento.
- Reemplazar las piezas desgastadas y los elementos elásticos endurecidos.
- Reemplazar los rodamientos y engranajes desgastados o defectuosos.
- Mantener en buen estado el pavimento de las vías de circulación, especialmente los caminos no asfaltados, eliminando superficies agrietadas, baches, etc.

1.5. Concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo

Un buen diseño de los lugares y puestos de trabajo contribuirá a minimizar la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero. A continuación, se enumeran algunas actuaciones que se pueden adoptar:

- Incorporar técnicas de aislamiento que minimicen la transmisión de vibraciones entre las estructuras que sustentan las máquinas y los elementos estructurales del edificio.
- Realizar una correcta selección del suelo durante el diseño de los lugares de trabajo. Deberá disponer

de una resistencia adecuada al desgaste, a la abrasión y que soporte tanto las cargas estáticas como las cargas dinámicas, con objeto de evitar la generación de irregularidades u ondulaciones.

- Distribuir los puestos de trabajo de manera que se reduzca la necesidad de transportar materiales.
- Evitar irregularidades en el terreno por el que se desplazan las máquinas y vehículos o eliminar obstáculos en las zonas de circulación.

Por otra parte, en el caso de que exista exposición a las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, en la concepción del lugar de trabajo deberá valorarse la posibilidad de instalar un sistema de climatización para evitar que la exposición al frío influya sobre los síntomas vasculares causados por la vibración. Así mismo, el puesto de trabajo deberá diseñarse de una forma adecuada para evitar posturas forzadas y la necesidad de ejercer mayores esfuerzos de agarre de las herramientas, por ejemplo, disposición correcta de las mesas de trabajo, iluminación suficiente, etc.

2. Medidas organizativas

Las medidas organizativas se centran en la reducción de la exposición a las vibraciones a través de vías distintas a la disminución de la aceleración. Estas medidas consisten, principalmente, en la limitación de la duración de la exposición, la rotación de tareas y la

formación e información específica sobre el trabajo que se realiza.

De acuerdo con los principios de la acción preventiva, se priorizará la actuación en origen y, por tanto, se optará por equipos que vibren lo menos posible (ver las indicaciones del apartado 2.2).

Como medida preventiva, es más eficaz la reducción de la aceleración que del tiempo de exposición, sin embargo, las medidas organizativas pueden ser las más factibles en determinadas situaciones, como sería el caso del uso de equipos cuyo funcionamiento consiste en vibrar, por ejemplo, las vareadoras de olivas.

2.1. Información y formación.

La empresa deberá elaborar un programa formativo e informativo que reúna los requisitos establecidos en el artículo 6 del presente real decreto. Un buen programa es aquel que se adapta a las necesidades de las personas trabajadoras y se somete a un proceso de evaluación y revisión para garantizar su eficacia.

La formación e información deben basarse en el contenido del manual de instrucciones, que deberá incluir aspectos tales como:

- El uso previsto y adecuado de las máquinas o vehículos.
- Las precauciones a adoptar durante su utilización o instalación, especialmente en lo referente a los dispositivos de protección específicos de la máquina.
- Información sobre los riesgos residuales.
- Los tipos y la frecuencia de las inspecciones y mantenimientos necesarios por motivos de seguridad.

A continuación, se indican ejemplos de aspectos que forman parte de la información y formación que el personal expuesto debería conocer en función del tipo de vibración.

Sistema mano-brazo

- Cómo seleccionar la herramienta correcta para la tarea a realizar.
- Cómo y cuándo reemplazar o afilar las herramientas insertadas o consumibles.
- La importancia de mantener las empuñaduras y las superficies de contacto secas, limpias y sin residuos de aceite o grasa, para tener un buen agarre y control de la máquina.
- Cómo reconocer cuando una máquina necesita mantenimiento y su influencia sobre los niveles de vibración.

- Las técnicas de trabajo para reducir las fuerzas necesarias para el agarre, empuje y guiado de la máquina.
- Las limitaciones que presenta el uso de equipos de protección individual, como, por ejemplo, la utilización de guantes antivibración.
- Los efectos de las vibraciones para la salud y la importancia de comunicar la existencia de algún indicio de lesiones.

Cuerpo entero

- Cómo ajustar el asiento y adoptar una posición correcta al volante en todas las fases del trabajo.
- La influencia de la velocidad, las condiciones del terreno, el estado de los neumáticos o las condiciones de mantenimiento sobre los niveles de vibración.
- Los efectos de las vibraciones para la salud y la importancia de comunicar la existencia de algún indicio de lesiones.

Es necesario repetir la formación e información de forma periódica y, en todo caso, cuando se produzcan cambios en las tareas a desarrollar o en la maquinaria.

2.2. Limitación de la duración e intensidad de la exposición

La reducción del tiempo de exposición se puede conseguir mediante la rotación de los puestos de trabajo, funciones y tareas. Se trata de planificar el trabajo para evitar el uso de máquinas o vehículos que generan un elevado nivel de vibraciones durante periodos largos y continuos, mediante la implantación de un sistema de diversificación de tareas o rotación de puestos de trabajo. Para ello, es necesario tener caracterizadas las tareas y trabajos, prestando especial atención a factores como:

- El tiempo máximo que se puede utilizar la máquina sin llegar a sobrepasar el nivel de acción.
- La repetitividad de la tarea.
- La fuerza ejercida.
- El mantenimiento de posturas forzadas.
- El área del cuerpo afectada.

Debe tenerse en cuenta que las actuaciones sobre la duración de la exposición son menos eficaces que aquellas destinadas a la reducción de la intensidad de la exposición. Tal como se describe en el apéndice 4, el valor diario equivalente de la aceleración, $A(8)$, es función lineal de la aceleración continua equivalente, a_{hv} o a_{hw} , y función cuadrática del tiempo de exposición, $T^{1/2}$. Por tanto, para reducir el $A(8)$ a la mitad, sería necesario reducir la duración de la exposición a la cuarta parte, mientras que si se actúa sobre la intensidad bastaría con reducirla a la mitad.

3. Medidas de protección frente al frío y la humedad

Los efectos negativos de las vibraciones se incrementan con las bajas temperaturas, las corrientes de aire frías y la humedad, especialmente el riesgo de sufrir trastornos vasculares como el síndrome de Raynaud, aunque no se superen los niveles de acción.

En la medida de lo posible se debe:

- Planificar el trabajo para evitar, o en su caso reducir, la exposición prolongada a las vibraciones en ambientes fríos y húmedos.
- Evitar utilizar máquinas que puedan enfriar las manos, por ejemplo, si tienen un revestimiento de acero o aquellas herramientas neumáticas que expulsan aire frío hacia las manos.
- Seleccionar máquinas que dispongan de empuñaduras térmicas.
- Disponer de cabinas calefactables que permitan la regulación de su temperatura interior.
- Proporcionar equipos de protección individual certificados destinados a proteger contra los efectos del frío.
- Formación e información a las personas trabajadoras sobre buenas prácticas.

- Establecer pausas para calentarse en una zona habilitada y poder consumir comidas y bebidas calientes.
- Realizar movimientos con las manos y los brazos, así como masajear los dedos durante las pausas.

4. Equipos de protección individual

El Reglamento (UE) 2016/425, establece que *los EPI diseñados para prevenir los efectos de las vibraciones mecánicas deberán poder garantizar una reducción adecuada de las vibraciones nocivas de los componentes en la parte del cuerpo expuesta al riesgo.*

De acuerdo con los principios de la acción preventiva, la adopción de medidas técnicas de protección colectiva u organizativas debe anteponerse a la protección individual.

Guantes antivibración

Para la comercialización de guantes en la Unión Europea como guantes antivibración estos deben cumplir la norma armonizada EN ISO 10819 y los requisitos mínimos para riesgos mecánicos de la norma EN 388.

A continuación, se indican los principales criterios de la norma EN ISO 10819 para considerar a los guantes como antivibración:


Transmisibilidad de la vibración de los guantes	
Valores medios de transmisibilidad de la vibración del guante	$T_{(M)} \leq 0,90$ y $T_{(H)} \leq 0,60^5$
Espesor del material reductor de vibración del guante	
En la palma	Espesor: ≤ 8 mm
	Debe cubrir el área de la palma completa
En el pulgar y los dedos	Espesor: $\geq 0,55$ veces el espesor del material reductor de la palma del guante
	Debe cubrir las tres falanges de cada dedo y las dos falanges del pulgar
Huecos en el material reductor de vibración	
Huecos debidos al material reductor del pulgar y los dedos no unido directamente con el de la palma de la mano	Los huecos no deben ser mayores que el espesor del material reductor de la sección de la palma de la mano a lo largo de longitud de los huecos
Huecos en otras zonas (guantes con grandes protuberancias)	Los huecos no deberían ser demasiado grandes en relación con el espesor del material
Propiedades mecánicas conforme a la Norma EN 388 ⁶	
Resistencia	A la abrasión
	Al rasgado
	Al corte de cuchilla
	A la perforación
Información proporcionada por el fabricante y marcado	
Información del fabricante	Conforme Apartado 10 y Anexo B de la norma UNE-EN ISO 10819:2014/ A1:2019/ A2:2023
Marcado	

Tabla 1. Principales criterios de la norma UNE-EN ISO 10819 para guantes antivibración.

Los valores de transmisibilidad de un guante determinan la fracción de la vibración que se transmite desde la empuñadura de la herramienta hacia la mano de la persona usuaria. Sin embargo, no es sencillo determinar en qué medida se reduce la exposición de las personas trabajadoras que utilizan estos guantes aun conociendo su valor de transmisibilidad, por lo que no se debería restar la atenuación del guante al resultado de la evaluación del riesgo.

Una transmisibilidad de 1,0 significa que toda la vibración se transmite a través del material del guante a la persona usuaria y un valor de transmisibilidad superior a 1,0 indica que existe una amplificación de la vibración. Conforme a los criterios indicados anteriormente, los

guantes antivibración deben proporcionar en promedio, una reducción en la vibración ponderada en frecuencia de al menos:

- Un 10 % para frecuencias medias, es decir, entre 25 y 200 Hz.
- Un 40 % para frecuencias altas, entre 200 y 1.250 Hz.

Se observa que la norma es menos exigente para frecuencias medias que para frecuencias por encima de 200 Hz. Esto es debido a que es más difícil atenuar las frecuencias medias que las altas. Dependiendo de qué material utiliza la empresa fabricante del guante para

⁵ $\bar{T}_{(M)}$: valores medios de la transmisibilidad de la vibración ponderada ISO de la empuñadura a la mano con guante para el espectro de frecuencias de 25 Hz a 200 Hz.

$\bar{T}_{(H)}$: valores medios de la transmisibilidad de la vibración ponderada ISO de la empuñadura a la mano con guante para el espectro de frecuencias de 200 Hz a 1.250 Hz.

⁶ Los guantes de protección contra las vibraciones deben tener como mínimo un nivel 1 de prestaciones según la tabla 1 de la Norma EN 388 para los cuatro requisitos, pero se recomienda un nivel 2 de prestaciones.

absorber la vibración, se comportará mejor a determinadas frecuencias, mientras que para aquellas en las que pudiera coincidir con las frecuencias naturales del material, podría amplificarlas debido al efecto de resonancia. Por ello, para seleccionar los guantes antivibración es preciso conocer el espectro frecuencial de la vibración transmitida a la mano.

Otro requisito que establece la norma es que el espesor del material reductor que se coloca en la palma de la mano y los dedos no sea superior a 8 mm. Si se utiliza el mismo espesor de material reductor en la sección de la palma y en las secciones de los dedos y del pulgar del guante, es probable que sea demasiado rígido, voluminoso e incómodo de llevar y usar. Por tanto, para incrementar la destreza de los dedos y reducir el esfuerzo de agarre, la norma permite utilizar un material más delgado en zona de los dedos, pero nunca inferior a 0,55 veces el espesor del material usado en la palma.



Figura 10. Guantes antivibración.

Por otro lado, las propiedades de atenuación de la vibración de los guantes antivibración pueden estar sujetas a variaciones debidas al envejecimiento, a la absorción de la humedad, a los efectos de la temperatura, a las deformaciones y a las presiones de contacto elevadas. Así mismo, la norma advierte que existen muchos factores no señalados en ella que pueden influir en la transmisión de vibración a través de estos guantes.

Como conclusión, al seleccionar guantes antivibración deberían sopesarse sus beneficios y sus efectos adversos, como que pueden aumentar la fatiga de la mano y el brazo porque requieren mayor esfuerzo de agarre. Además, su eficacia va a depender de muchas variables, que afectan a la forma en que responden ante las vibraciones, por ello, es muy difícil determinar la protección que pueden llegar a ofrecer, pudiendo en algunas ocasiones incluso amplificar la vibración.

Calzado y fajas o cinturones antivibración

No existen normas ni especificaciones técnicas que regulen los requisitos de producto para calzado, fajas y cinturones. Tampoco existen especificaciones de los ensayos necesarios para satisfacer los requisitos esenciales de salud y seguridad establecidos en el anexo II del Reglamento (UE) 2016/425. En consecuencia, estos productos no pueden ser considerados EPI para proteger frente a las vibraciones.

IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

A. Documentos citados en la guía

Normativa legal relacionada

La legislación referida a lo largo de esta guía puede consultarse a través de internet en el sitio web del INSST - <https://www.insst.es> - donde, además, se puede acceder a diversa documentación elaborada por el propio INSST así como a enlaces de instituciones y organismos europeos e internacionales.

La normativa citada en la presente guía técnica es la existente en el momento de publicación de la misma. No obstante, hasta una nueva revisión puede ser publicada otra nueva normativa que deberá ser tenida en cuenta.

La normativa se encuentra directamente enlazada al apartado “legislación consolidada” del BOE. No obstante, en las disposiciones para las que el BOE no disponga de su texto consolidado, se recomienda consultar el apartado de “análisis jurídico”.

Ámbito nacional

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Ámbito europeo

- Directiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones), (de-

cimosexta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE).

- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición).
- Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.
- Reglamento (UE) 2023/1230 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2023, relativo a las máquinas y por el que se derogan la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y la Directiva 73/361/CEE del Consejo.

Normas técnicas

En el presente documento se citan diversas normas técnicas en las que se indica el año de la versión referenciada. Es esta versión la que responde a los comentarios específicos que puedan hacerse en la guía técnica. No obstante, en determinados casos, es recomendable tomar en consideración la última versión de la norma que, en el momento de su lectura, esté vigente. Esta advertencia es de especial interés en el caso de que la norma citada sea “armonizada”.

- EN 60745 Herramientas manuales eléctricas accionadas por motor eléctrico. Seguridad (serie de normas).
- EN 60745-2-6:2010. Hand-held motor-operated electric tools - Safety - Part 2-6: Particular requirements for hammers.
- EN ISO 20643:2008/A1:2012. Mechanical vibration - Hand-held and hand-guided machinery - Principles for evaluation of vibration emission (ISO 20643:2005).
- EN ISO 8662-9:1996. Hand-held portable power tools. Measurement of vibrations at the handle - Part 9: Rammers (ISO 8662-9:1996).
- UNE ISO 2631-1:2008. Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-CEN/TR 15172-1:2008 IN Vibraciones de cuerpo entero. Directrices para la reducción de los riesgos por vibraciones. Parte 1: Métodos de ingeniería para el diseño de maquinaria.

- UNE-EN 12096:1998. Vibraciones mecánicas. Declaración y verificación de los valores de emisión vibratoria.
- UNE-EN 1299:1997+A1:2009. Vibraciones y choques mecánicos. Aislamiento de las vibraciones de las máquinas. Información para la aplicación del aislamiento en la fuente.
- UNE-EN ISO 8041-1:2018. Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida. Parte 1: Instrumento de medida para uso general. (ISO 8041-1:2017).
- UNE-EN ISO 8041-2:2021. Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida. Parte 2: Instrumentos de medida para la exposición de las personas a las vibraciones. (ISO 8041-2:2021) (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en septiembre de 2021).
- UNE-EN-ISO 10819:2014/A1:2019/A2:2023. Vibraciones mecánicas y choques. Vibraciones mano-brazo. Método para la medida y evaluación de la transmisibilidad de la vibración por los guantes a la palma de la mano. (ISO 10819:2013).
- UNE-EN-ISO 5349-1:2002. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN-ISO 5349-2:2002/A1:2016. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo.

Publicaciones del INSST

Guías Técnicas

- Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa – Año 2008.
- Guía técnica para la simplificación documental – Año 2012.

Notas Técnicas de Prevención

- NTP 1164. Vibraciones: Aplicación práctica del método de puntos de exposición a puestos de trabajo variables – Año 2021.

Otras publicaciones:

- Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en diferentes puestos de trabajo - Año 2009.
- Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en los sectores agrícola y silvícola - Año 2011.

- Requisitos de evaluación de la exposición a las vibraciones mano-brazo mediante estimación a partir de los datos declarados en el manual de instrucciones - Año 2024.

Otra bibliografía citada en la guía

- Guía de ayuda para la valoración del riesgo laboral durante el embarazo. Instituto Nacional de la Seguridad Social. 3ª Edición.
- Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (vibraciones en el trabajo). Año 2008.

B. Otros documentos no citados en la guía

- ANDREA DOMINGO-PUYO, JAVIER SANZ-VALERO, CARMINA WANDEN-BERGHE. Disorders induced by direct occupational exposure to noise: Systematic Review. *Noise and Health*. 2016 Sep-Oct;18(84):229-239.
- Aspectos ergonómicos de las vibraciones – Año 2014.
- Best Practices – Vibration at the Work Site. Government of Alberta. Año 2010.
- Cartel: Alternativas y herramientas para evaluar el riesgo de vibraciones mecánicas - Año 2014.
- Cartel: Aplicativo "Exposición a vibraciones". BaseVibra y Calculador de A(8) - Año 2022.
- Directrices básicas para la evaluación de riesgos laborales – Año 2022.
- Folleto: "Antes de medir, ¡usa BaseVibra!" – Año 2022.
- Guía técnica para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Año 2022.
- Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo. Año 2023.
- INSTITUTO REGIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD. Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra. Madrid, noviembre de 2012.
- NTP 1068. Vibraciones: alternativas para evaluar el riesgo de vibraciones. Estimación. Año 2016.
- NTP 784. Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento. Año 2007.
- NTP 839. Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo. Año 2009.
- NTP 963. Vibraciones: vigilancia de la salud en trabajadores expuestos. Año 2013.

- Protocolo de Vigilancia Sanitaria Específica. Neuropatías por presión. Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud – Año 2000.
- ROYSTER LH, ROYSTER JD. The noise-vibration problem-solution workbook. Fairfax, VA: AIHA, 2002.
- UNE-CEN/TR 1030-2:2021 IN. Vibración mano-brazo. Directrices para la reducción de riesgos de vibración. Parte 2. Medidas de gestión en el lugar de trabajo.
- UNE-CEN/TR 15172-1:2008 IN. Vibraciones de cuerpo entero. Directrices para la reducción de los riesgos por vibraciones. Parte 1: Métodos de ingeniería para el diseño de maquinaria.
- UNE-CEN/TR 15172-2:2010 IN. Vibraciones de cuerpo entero. Directrices para la reducción de los riesgos por vibraciones. Parte 2: Medidas de gestión en el lugar de trabajo.
- UNE-EN 14253:2004+A1:2009. Vibraciones mecánicas. Medidas y cálculos de la exposición laboral a las vibraciones de cuerpo completo con referencia a la salud. Guía práctica.
- UNE-EN: 13059:2002+A1:2008. Seguridad de las carretillas de manutención. Métodos de ensayo para la medición de vibraciones.
- Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control. CEP. Año 2014.
- Vibration solutions. Practical ways to reduce the risk of hand-arm vibration injury. HSE. Año 1997.
- Vibrations mains-bras. Guide des bonnes pratiques. INRS. Año 2019.

C. Referencia a la WEB de organismos de interés:

- <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-fisicos/vibraciones>

Sección del portal de Riesgos físicos del INSST donde encontrar información sobre las metodologías de evaluación, la normativa legal y técnica existente, documentos y otras publicaciones sobre la materia, así como herramientas de prevención de riesgos laborales: BaseVibra y calculador de A(8).

- <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil39>

La Herramienta Simplificada de Evaluación de la Exposición a Vibraciones (Osev) evalúa el riesgo de exposición a las vibraciones por conducción al utilizar una o más máquinas móviles durante la jornada laboral. Esta aplicación estima la aceleración diaria equivalente, A(8), en función de las máquinas utilizadas, las condiciones de funcionamiento y la duración real de uso diario. Los valores de A(8) se derivan de estadísticas calculadas a partir de los valores de emisión de vibraciones medidos en empresas con máquinas similares.

- <https://www.hse.gov.uk/vibration/index.htm>

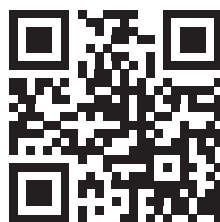
En este enlace se da información completa sobre la exposición a las vibraciones tanto transmitidas al sistema mano-brazo como al cuerpo entero. Entre la información disponible se encuentra la normativa legal, la referencia a normas técnicas para realizar la evaluación del riesgo de exposición y las herramientas que permite calcular la exposición a las vibraciones.

Para cualquier observación o sugerencia en relación con esta Guía Técnica, puede dirigirse al:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

C/Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid

Tlf. 91 363 41 00



www.insst.es



GT.116.1.25



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

insst

Instituto Nacional de
Seguridad y Salud en el Trabajo